



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101994900402760
Data Deposito	16/11/1994
Data Pubblicazione	16/05/1996

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	66	F		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	B		

Titolo

SISTEMA PER IL CONTROLLO E GUIDA AUTOMATICA DI UN GRUPPO ELEVATORE A FORCHE

DESCRIZIONE del brevetto per invenzione industriale

a nome: CONSORZIO TELEROBOT

di nazionalità: italiana

16 NOV. 1994

con sede in : GENOVA

=====

La presente invenzione si riferisce ad un sistema di controllo e guida automatica di un gruppo elevatore a forche.

In particolar modo tale sistema di controllo e guida automatica si riferisce ad un sistema per l'individuazione della posizione di un pallet, con conseguente comando delle forche del gruppo elevatore allo scopo di spostare detto pallet e la merce su di esso disposta.

Un pallet è un sostegno di qualsiasi materiale, normalmente di legno, su cui insistono merci imballate, e che viene utilizzato per l'immagazzinamento ed il trasporto delle merci. La sagoma del pallet è un parallelepipedo a base rettangolare e altezza dell'ordine di una decina di centimetri. Il profilo laterale di un pallet evidenzia due cavità simmetriche rispetto all'asse mediano di detto profilo rispettivamente a destra e a sinistra della linea verticale mediana di detto profilo rettangolare. Tutte le dimensioni

caratteristiche di un pallet sono normalizzate e standardizzate, in modo tale che il modello del pallet è standard.

Nelle operazioni di spostamento in un magazzino di merci sistemate su pallet, si utilizzano normalmente elevatori o muletti dotati di una coppia di forche. Qualora il pallet con relativa merce sia posizionato in alto, non sempre l'operazione di inforcamento del pallet è facile. Infatti l'operatore deve guidare le forche ed inforcare il pallet senza visione diretta.

Il principale scopo della presente invenzione è quello di rendere la procedura globale di inforcamento e spostamento dei pallets automatica.

Scopo della presente invenzione è quello di configurare un sistema atto a rendere possibile un sicuro inquadramento ed inforcamento automatico di pallet, il quale superi i suddetti problemi dello stato dell'arte. In particolare un tale strumento dovrà essere in grado di permettere un sicuro ed efficace inforcamento di pallets, anche in condizioni di forte disordine nel deposito, ove questo disordine si riferisce sia alla locazione orizzontale che verticale dei pallets. Ulteriore scopo è quello di permettere tale inforcamento anche in condizioni di

scarsa o scarsissima visibilità da parte di un operatore posto a terra.

Al fine di conseguire detti obiettivi la presente invenzione rende disponibile un sistema per il controllo e guida automatica di una coppia di forche per pallet, comprendente una telecamera solidale alla coppia di forche, un apparato di acquisizione di immagini, un apparato di calcolo e mezzi per comandare e spostare detta coppia di forche in base a segnali provenienti da detto apparato di calcolo, in cui a partire da un'inquadratura di un pallet effettuata dalla telecamera, acquisita sotto forma di immagine digitale da detto apparato di acquisizione di immagini, l'apparato di calcolo stima la posizione ed orientazione del pallet inquadrato rispetto alla telecamera.

Sul suddetto sistema si implementa un efficace e vantaggioso procedimento di stima della posizione ed orientazione del pallet inquadrato dalla telecamera rispetto alla telecamera stessa, che, previa una acquisizione e memorizzazione da parte di detto apparato di calcolo delle informazioni geometriche che definiscono il modello di un pallet, si sviluppa nelle seguenti fasi:

(a) acquisizione da altri sensori oppure da

conoscenza a priori di stima della posizione ed orientazione del pallet in modo tale da identificare una zona in cui con alta probabilità è posizionato il pallet da inquadrare, contraddistinto da due cavità;

(b) in base a detta stima a priori, inquadratura da parte della telecamera della zona in cui è ipotizzata la presenza di uno dei lati del pallet;

(c) trasformazione dell'immagine ricavata dalla telecamera in un'immagine digitalizzata in pixel, dove ad ogni pixel è assegnato un valore di grigio, compreso fra i valori estremi bianco e nero;

(d) determinazione all'interno dell'immagine, e separatamente l'una dall'altra, di due distinte zone di grigio "scuro" connesse corrispondenti alle cavità che contraddistinguono il pallet;

(e) stima della posizione dei due centri delle due zone di grigio "scuro" corrispondenti ai centri delle cavità del modello di pallet noto a priori;

(f) operazione di inversione prospettica di detto modello rispetto al centro ottico della telecamera e calcolo con i dati di detta inversione prospettica della posizione ed orientazione del pallet rispetto a detta telecamera.

A partire da dette informazioni, cioè della posizione ed orientazione del pallet rispetto alla

telecamera, è così possibile risalire alla posizione delle due cavità in cui debbono inserirsi le due forche; utilizzando questi dati, l'unità di calcolo potrà comandare le forche a muoversi indirizzandole verso dette due cavità, realizzando così la perfetta inforcamento del pallet.

In particolare, assai vantaggiosamente, la determinazione delle due distinte zone di grigio connesse, a partire dall'immagine trasformata in immagine a pixel, avviene nei seguenti passaggi, che vengono attivati due volte indipendentemente, una volta per la ricerca della cavità sinistra ed una volta per quella della cavità destra:

(g) stima delle posizioni del centro della cavità del pallet a partire dalla stima a priori della posizione ed orientazione del pallet;

(h) ricerca in un rettangolo di dimensioni determinate centrato sui suddetti due centri del punto di livello di grigio più scuro, che viene detto punto seme;

(i) ricostruzione, tramite un procedimento iterativo, di accrescimento attorno a detti punti seme, di una zona, connessa, in cui i pixel hanno un valore di livello di grigio inferiore ad un valore predeterminato;

(j) iterazione della procedura di accrescimento incrementando ogni volta il valore di grigio di soglia di una data quantità fissata e verifica ad ogni iterazione di accrescimento del non decrementarsi del grado di rettangolarità della zona rilevata, ove detto grado di rettangolarità è espresso come rapporto fra l'area della zona di grigio connessa e l'area del rettangolo che la contiene (circoscritta);

(l) ulteriore verifica, ad ogni iterazione, che le dimensioni della regione non superino le dimensioni massime ricavate in base alla stima a priori della posizione ed orientazione del pallet e della calibrazione della telecamera;

(m) nel caso di fallimento di almeno una delle verifiche (j) e (l), annullamento dell'ultima iterazione, ripristino della regione precedente e aggiornamento, tramite diminuzione, dell'incremento del valore di grigio di soglia per le successive iterazioni della procedura di accrescimento; ripetizione del procedimento a partire dal punto (i), considerando come punti seme tutti quelli del bordo della regione ripristinata;

(n) cessazione della routine di accrescimento nel momento in cui la quantità di incremento del valore

di grigio di soglia non può più essere diminuita senza diventare uguale a zero.

Ulteriori vantaggi e caratteristiche della presente invenzione risulteranno maggiormente chiari dalla descrizione che segue, la quale si basa sui disegni allegati. Tale descrizione viene qui allegata a fine esemplificativo e non limitativo ad essa dell'oggetto della presente invenzione, che si deve intendere riferita all'oggetto complessivamente indicato ed espresso nell'attuale descrizione e nelle rivendicazioni allegate.

In particolare tali figure rappresentano:

- la figura 1 rappresenta un diagramma a blocchi della prima parte del procedimento di identificazione e di stima della posizione ed orientazione del pallet della presente invenzione;

- la figura 2 rappresenta il modello geometrico del pallet utilizzato dal procedimento della presente invenzione;

- la figura 3 rappresenta una fase del procedimento di identificazione e di stima della posizione ed orientazione del pallet della presente invenzione;

- la figura 4 rappresenta la routine di accrescimento della zona connessa di grigio per la

detezione delle cavità del pallet secondo la presente invenzione;

- la figura 5 rappresenta il risultato della prima fase della routine di accrescimento già descritta in figura 4;

- la figura 6 rappresenta il risultato della seconda fase della routine di accrescimento già descritta in figura 4.

Il sistema necessita di una stima in ingresso della posizione ed orientazione di massima, in cui potrebbe essere ritrovato il pallet da spostare. Il dato ricavato verrà richiamato con l'espressione posizione fittizia del pallet.

A partire da questa informazione, il sistema sposta la telecamera (ad esempio di tipo CCD a bianco/nero) montata solidalmente con le forche in modo tale da poter inquadrare la zona di massima probabilità di riscontro di un pallet e ricava tramite l'apparato di acquisizione, una immagine digitalizzata in pixel. Ad ogni pixel è associato, in modo convenzionale un valore di livello di grigio, tramite un numero ad esempio compreso fra 255 e 0, dove il valore 255 corrisponde al bianco (livello di grigio massimo) ed il valore 0 corrisponde al nero (livello di grigio minimo).

A questo punto all'interno di questa immagine digitalizzata il sistema ricerca due zone, separate l'una dall'altra, ognuna di esse connessa, e caratterizzata da un livello di grigio sufficientemente scuro. A queste zone di scuro dovrebbero corrispondere le due cavità, destra e sinistra, del pallet, vale a dire le due regioni in cui vanno infilate le forche dell'elevatore. generalmente le cavità osservate frontalmente, sono in ombra rispetto ai loro bordi in quanto il carico soprastante non permette alla luce di illuminare le cavità stesse.

Allo scopo, ci si avvale del modello di pallet rappresentato in figura 2, dove con 10 viene indicata la struttura in legno e con 11 vengono indicate le due cavità, che appaiono scure, in cui si infilano le forche dell'elevatore. In figura 3 viene illustrata l'inquadratura della telecamera, in cui si vede il pallet come appare. In figura, a linea tratteggiata, sono riportati i contorni fittizi delle cavità fittizie 12 dei pallet, ottenuti proiettando il modello teorico del pallet memorizzato dal sistema secondo la posizione fittizia, ricavata come sopra descritto. I centri delle due cavità fittizie 12 vengono indicati in figura 3 con il numero di

riferimento 13. Questa procedura, una volta stabilite le cavità fittizie, fissa anche le dimensioni minime e massime presumibili delle cavità, misurate sia lungo l'ascissa che lungo le ordinate dell'immagine.

L'immagine di figura 3 viene digitalizzata in pixel, assegnando ad ogni pixel un valore di grigio corrispondente alla sua intensità luminosa.

Secondo il procedimento della presente invenzione si fa la scansione di una finestra posizionata sul centro delle suddette cavità fittizie, e si individua il pixel che ha il livello di grigio più scuro. Questo pixel viene denominato seme.

Una volta ottenuto con il procedimento di ricerca sopra descritto un seme presumibilmente appartenente ad una cavità, tramite una routine iterativa, si costruisce secondo la presente invenzione una zona scura connessa, nell'intorno di detto seme e partendo dal suo livello di grigio come soglia iniziale. Ad ogni passo si aggregano alla regione corrente tutti i punti 4-connessi ai pixel di bordo delle regione con un valore di livello di grigio inferiore ad detta soglia di grigio (vale a dire di grigio più scuro rispetto al livello di grigio definito da detta soglia) confinanti con almeno un punto aggregato al passo precedente. Con il termine pixel 4-connessi ad

un punto generico si intendono i punti adiacenti a Nord, Sud, Est ed Ovest a detto punto. La routine viene iterata per valori di soglia crescenti. Ogni passo termina quando nessun pixel connesso ai pixel di confine della regione corrente ha valore di grigio inferiore a quello della soglia.

A questo punto è possibile che si abbia un segnale di errore ("assenza di cavità"), nel caso in cui la routine si sia conclusa senza riscontrare una zona connessa di dimensioni almeno pari alle dimensioni minime ed inferiori a quelle massime sopra date. Le dimensioni minime sono una percentuale delle dimensioni della cavità fittizia già calcolata. Infatti una zona di scuro non sufficientemente grande potrebbe esistere accidentalmente all'interno della zona inquadrata dalla telecamera, e non per questo essere l'immagine di una cavità. Per evitare che il sistema si confonda, secondo la presente invenzione la zona scura connessa di cui esso va alla ricerca deve estendersi almeno fino al bordo della regione definita dalle dimensioni minime innanzi citate.

Se il sistema ha comunque riconosciuto una zona scura connessa di dimensioni sufficientemente grandi (figura 5), il procedimento di accrescimento iterativo prosegue fino ad aggregare una più ampia

regione di pixel, il cui valore di grigio è minore di un nuovo valore di grigio di soglia leggermente superiore a quello del passo precedente.

Ad ogni passo dell'iterazione, da questo momento in poi, il sistema compie una cosiddetta verifica del grado di rettangolarità della zona scura riconosciuta. Questo grado di rettangolarità viene espresso come il rapporto fra l'area della zona di grigio connessa ottenuta all'ultimo passo di iterazione, e l'area del rettangolo ad essa circoscritta. Quanto più tale rapporto è vicino al valore unitario, tanto più la zona di grigio ha una forma quasi rettangolare. Poichè le cavità del pallet hanno forma rettangolare, il sistema cerca secondo la presente invenzione di riconoscere zone scure le più vicine possibili ad una forma rettangolare.

Allo scopo si considera il maggior grado di rettangolarità finora ottenuto nelle precedenti iterazioni. Se ad un certo passo dell'iterazione il grado di rettangolarità della zona riconosciuta è inferiore a detto grado già ottenuto in precedenza, il sistema aggiorna la soglia di grigio, aumentandone il valore di una quantità data (permettendo l'aggregazione di pixel di un grigio più chiaro). Il sistema, a questo punto, prosegue ripetendo l'ultima

iterazione della procedura di aggregazione, con la nuova soglia di grigio.

Questa procedura iterativa di accrescimento termina quando la regione corrente non supera le dimensioni (altezza, larghezza, area) della regione definita dalle dimensioni massime ipotizzabili della cavità, già ottenute come sopra descritto nell'ultima iterazione. Nel caso la regione corrente risultante eccedente rispetto a tali limiti, il sistema diminuisce il valore della soglia di grigio, in modo tale da rimpicciolire la zona connessa, ad essere compresa entro i limiti dimensionali sopra descritti.

La situazione a cui si giunge a questo punto del procedimento, è illustrata dalla figura 6, in cui con 10 viene indicata la struttura in legno o altro materiale del pallet, con 11 sono definite le due cavità reali e con 12 le due cavità fittizie. All'interno delle cavità fittizie 12 il numero di riferimento 13 indica il centro di dette cavità. Con il numero 15 vengono indicati i due semi trovati indipendentemente l'uno dall'altro dal procedimento secondo la presente invenzione nella regione definita dalle due cavità fittizie 12. Attorno ad ognuno di detti due semi 15 si ottiene tramite il procedimento di aggregazione sopra descritto una rispettiva zona

di grigio scuro connessa, che in figura 5 viene indicata con 14.

Successivamente alla identificazione delle due zone di grigio connesse, secondo la presente invenzione il sistema procede alla individuazione dei due centri delle due zone. Il rispettivo centro di ognuna delle due zone viene definito come il punto baricentrico di detta zona.

In figura 6 questi centri vengono indicati con croci bianche su sfondo nero, con il numero di riferimento 16.

A partire dalla ricostruzione delle posizioni dei due centri 16, tramite il modello di pallet memorizzato, il sistema secondo la presente invenzione è in grado di utilizzare le informazioni suddette per calcolare la posizione ed orientazione del pallet rispetto a detta telecamera. Questo calcolo avviene tramite un'inversione prospettica del modello di pallet collocato centrato sui due centri 16 delle due cavità.

A questo punto il sistema, seguendo tutte le fasi del procedimento secondo la presente invenzione, ha a sua disposizione tutte le informazioni necessarie a che esso sia in grado di comandare efficacemente e con sicurezza le forche ad infilarsi nelle cavità dei

pallet. Infatti esso è a conoscenza, con ottima approssimazione, della posizione ed orientazione rispetto a sè stesso del pallet e delle due cavità ove infilare la coppia di forche.

Il sistema potrà essere vantaggiosamente abilitato ad interagire con un operatore, che potrà intervenire modificando i parametri di lavoro o guidando il sistema in caso di segnalazione di errore.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema per il controllo e guida automatica di un gruppo elevatore a forche, comprendente una telecamera solidale alla coppia di forche poste sull'elevatore, un apparato di acquisizione ed elaborazione di immagini, un apparato di calcolo e mezzi per comandare e spostare detta coppia di forche in base a segnali provenienti da detto apparato di calcolo, caratterizzato dal fatto che a partire da un'in-quadratura di un pallet effettuata dalla telecamera, acquisita sotto forma di immagine digitale da detto apparato di elaborazione di immagini, l'apparato di calcolo stima la posizione ed orientazione del pallet inquadrato rispetto alla telecamera.

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta telecamera è una telecamera di tipo CCD a bianco/nero che genera un segnale video CCIR standard.

3. Procedimento da implementare sul sistema per il controllo e guida automatica di un gruppo elevatore a forche secondo una delle rivendicazioni precedenti, di stima della posizione ed orientazione di un pallet inquadrato dalla telecamera rispetto alla telecamera stessa, che, previa una acquisizione e memorizzazione da parte di detto apparato di calcolo delle informazio-

ni geometriche che definiscono il modello di un pallet, si sviluppa nelle seguenti fasi:

(a) acquisizione da altri sensori oppure da conoscenza a priori di stima della posizione ed orientazione del pallet in modo tale da identificare una zona in cui con alta probabilità è posizionato il pallet da inquadrare, contraddistinto da due cavità;

(b) in base a detta stima a priori, inquadratura da parte della telecamera della zona in cui è ipotizzata la presenza di uno dei lati del pallet;

(c) trasformazione dell'immagine ricavata dalla telecamera in un'immagine digitalizzata in pixel,, dove ad ogni pixel è assegnato un valore di grigio, compreso fra i valori estremi bianco e nero;

(d) determinazione all'interno dell'immagine, e separatamente l'una dall'altra, di due distinte zone di grigio "scuro" connesse corrispondenti alle cavità che contraddistinguono il pallet;

(e) stima della posizione dei due centri delle due zone di grigio "scuro" corrispondenti ai centri delle cavità del modello di pallet noto a priori;

(f) operazione di inversione prospettica di detto modello rispetto al centro ottico della telecamera e calcolo con i dati di detta inversione prospettica della posizione ed orientazione del pallet rispetto a

detta telecamera.

4. Sistema secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il movimento delle forche è comandato da detto apparato di calcolo previa rielaborazione delle informazioni di posizione ed orientazione del pallet rispetto alla telecamera.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che la determinazione delle due distinte zone di grigio connesse, a partire dall'immagine trasformata in immagine a pixel, avviene nei seguenti passaggi, che vengono attivati due volte indipendentemente, una volta per la ricerca della cavità sinistra ed una volta per quella della cavità destra:

(g) stima delle posizioni del centro della cavità del pallet a partire dalla stima a priori della posizione ed orientazione del pallet;

(h) ricerca in un rettangolo di dimensioni determinate centrato sui suddetti due centri del punto di livello di grigio più scuro, che viene detto punto seme;

(i) ricostruzione, tramite un procedimento iterativo, di accrescimento attorno a detti punti seme, di una zona, connessa, in cui i pixel hanno un valore di livello di grigio inferiore ad un valore predeterminato;

(j) iterazione della procedura di accrescimento in-

crementando ogni volta il valore di grigio di soglia di una data quantità fissata e verifica ad ogni iterazione di accrescimento del non decrementarsi del grado di rettangolarità della zona rilevata, ove detto grado di rettangolarità è espresso come rapporto fra l'area della zona di grigio connessa e l'area del rettangolo che la contiene (circoscritta);

(l) ulteriore verifica, ad ogni iterazione, che le dimensioni della regione non superino le dimensioni massime ricavate in base alla stima a priori della posizione ed orientazione del pallet e della calibrazione della telecamera;

(m) nel caso di fallimento di almeno una delle verifiche (j) e (l), annullamento dell'ultima iterazione, ripristino della regione precedente e aggiornamento, tramite diminuzione, dell'incremento del valore di grigio di soglia per le successive iterazioni della procedura di accrescimento; ripetizione del procedimento a partire dal punto (i), considerando come punti seme tutti quelli del bordo della regione ripristinata;

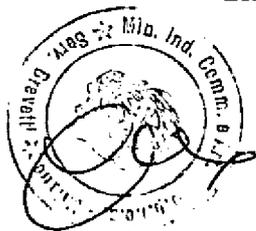
(n) cessazione della routine di accrescimento nel momento in cui la quantità di incremento del valore di grigio di soglia non può più essere diminuita senza diventare uguale a zero.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

BOR

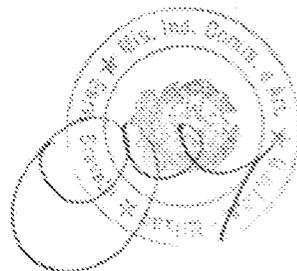
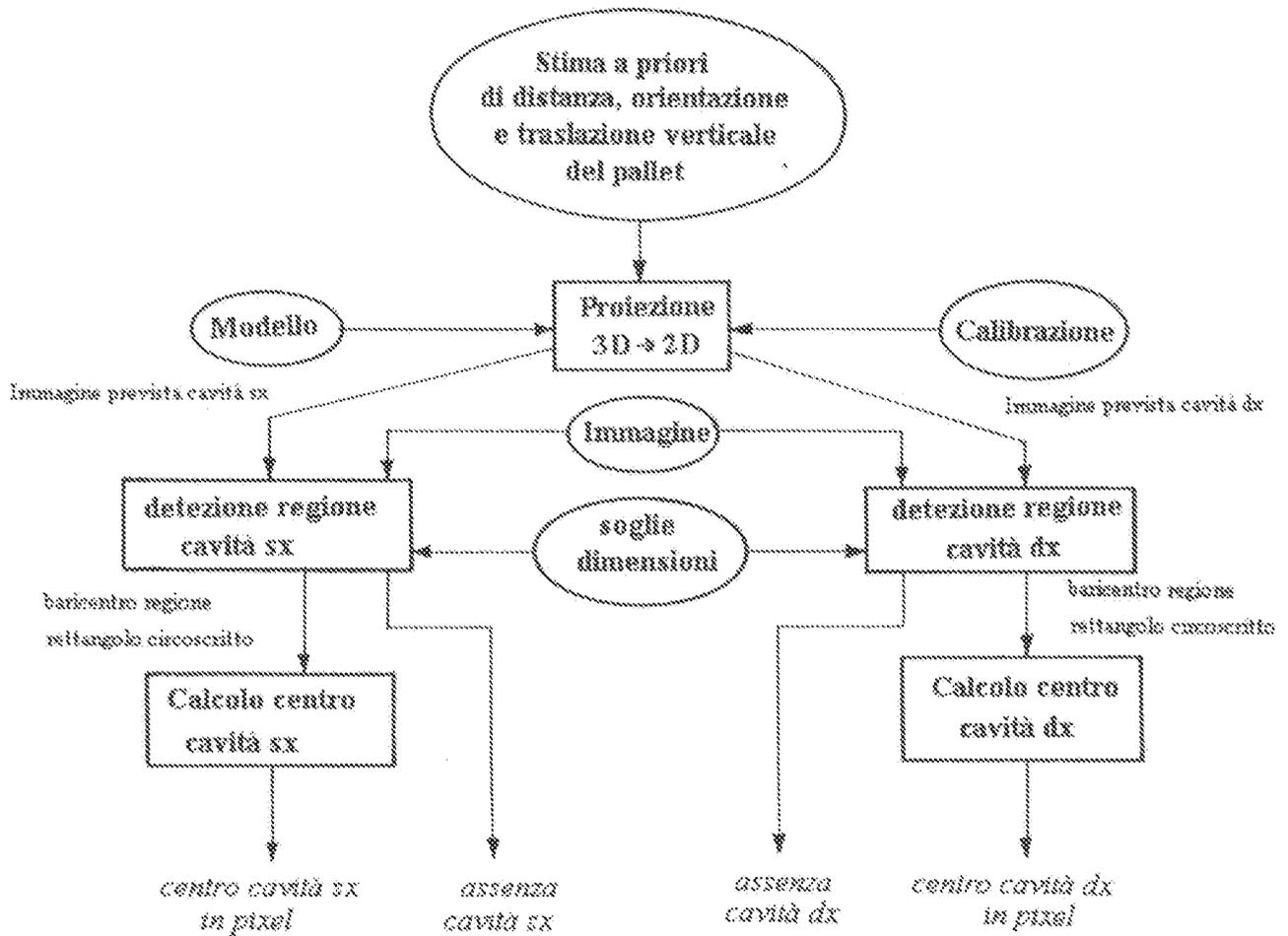
I MANDATARI:
(firma)

(per sé e per gli altri)



MI 94A 002321

Fig.1



MANDATARI
(firma)

Costa Pirella
(per sé o per gli altri)

MI 94 A 00 23 21

Fig.2

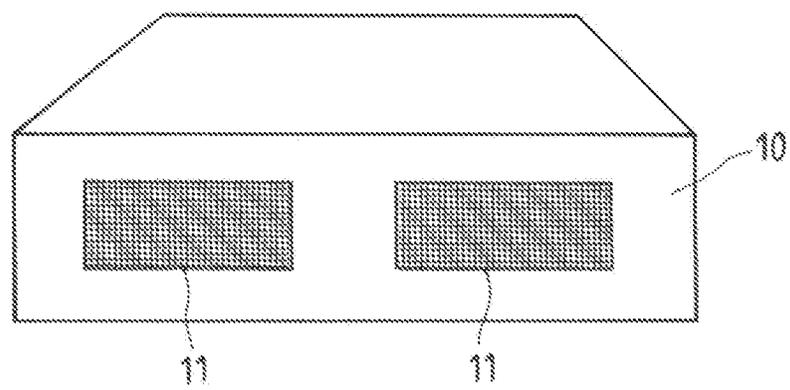
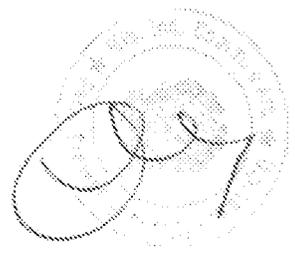
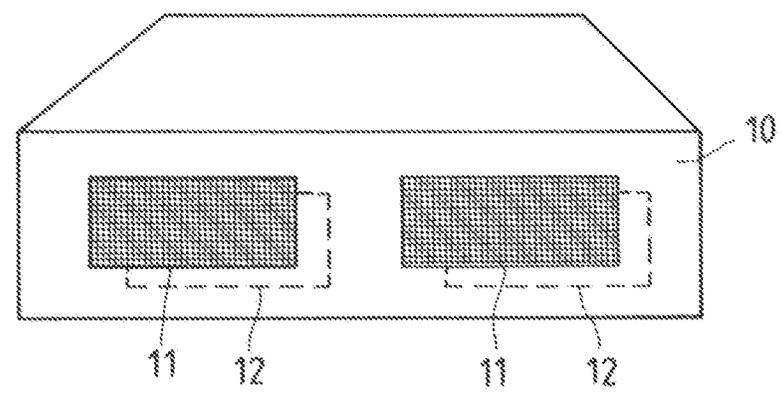


Fig.3

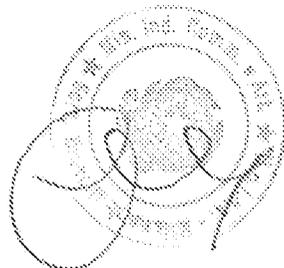
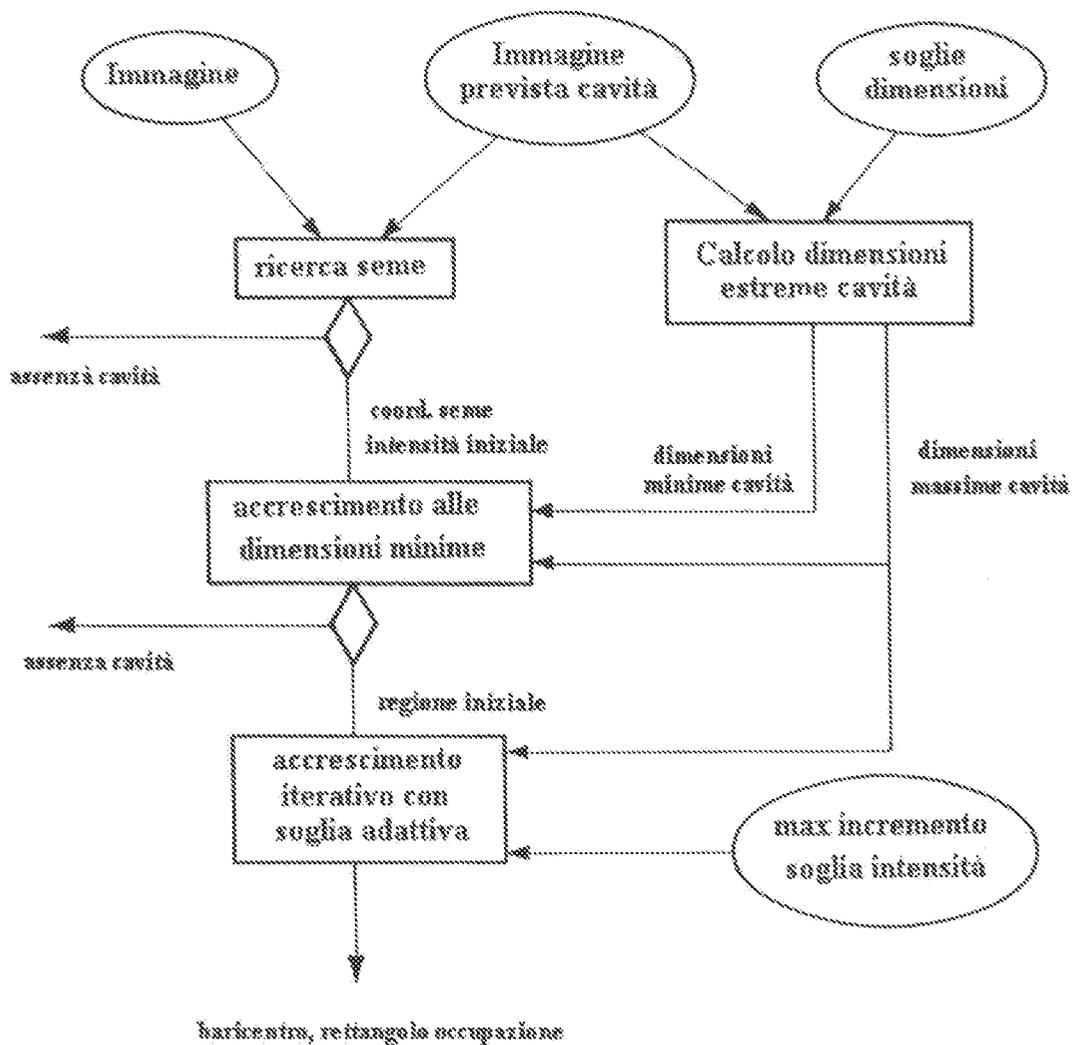


(MANDATARI)
(firma)

Attopelli
(per sé e per gli altri)

MI 94 A 00 23 21

Fig. 4



I MANDATARI
(firma)

Carapello
(per sé e per gli altri)

MI 94 A 002321

Fig.5

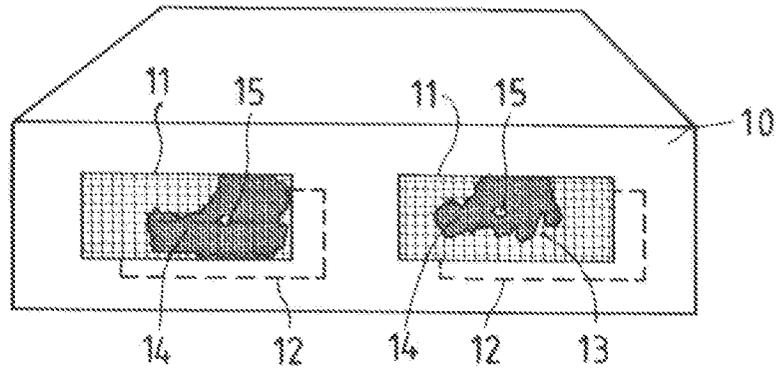
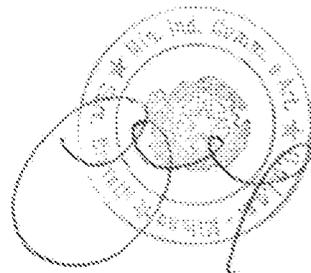
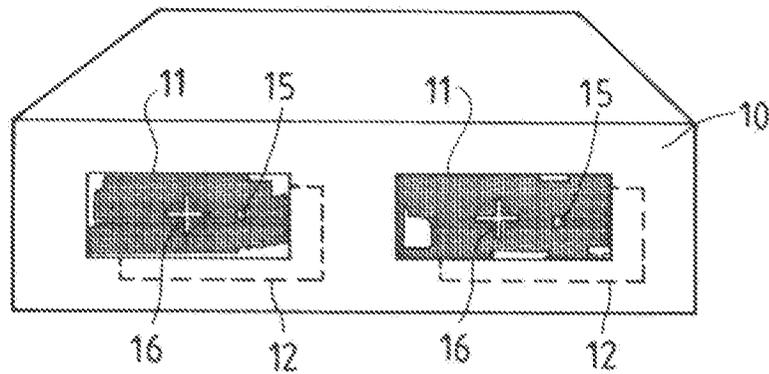


Fig.6



MANDATARIO
(firma)

[Handwritten signature]
(per sé o per altro)