



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101996900560898
Data Deposito	04/12/1996
Data Pubblicazione	04/06/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	07	C		

Titolo

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA RILEVAZIONE ED IL CONTEGGIO AUTOMATICO DI CORPI CHE ATTRAVERSANO UN VARCO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Procedimento e dispositivo per la rilevazione ed il
conteggio automatico di corpi che attraversano un
varco"

Di: ISTITUTO TRENINO DI CULTURA, nazionalità
italiana, Via S. Croce 77, 38100 Trento

ADVENT S.r.l., Via Ottaviano Rovereti, 14,
38100 Trento

Inventori designati: Massimo BONINSEGNA, Antonio
VIRDIA

Depositata il: 4 dicembre 1996 TO 96A000986

* * *

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un procedimento
per la rilevazione ed il conteggio automatico di
corpi che attraversano un varco. Nella descrizione
che segue e nelle annesse rivendicazioni per varco
s'intende una superficie ideale, o la sua proiezione
in forma di linea, che separa due aree adiacenti.
Esso può essere costituito da un varco di tipo fisi-
co, come un portale o un'apertura di un cancello,
oppure da un varco logico, come una superficie piana
virtuale perpendicolare al pavimento ed alle pareti
di un corridoio, ad esempio visualizzabile per mezzo
di una linea su di un piano ideale di camminamento

che può essere costituito da un pavimento o da una scala o rampa, oppure da un tappeto rotante o nastro trasportatore, in generale da tutto ciò che può sopportare un flusso di movimento di corpi secondo una o più direzioni in entrambi i versi di percorrenza.

La rilevazione dei corpi che attraversano un varco ha varie applicazioni. Essa è in particolare utilizzabile quando è necessario controllare l'accesso di persone o cose a determinate aree. Ad esempio, nel caso delle persone, può essere necessario controllare il loro accesso a mezzi di trasporto pubblico, come metropolitane, o ad edifici o aree d'uso pubblico come stadi o luoghi d'incontro, oppure a magazzini o camminamenti vari.

Un'applicazione pratica può consistere ad esempio nel contare il numero di passeggeri che salgono e scendono da un autobus in servizio urbano ad ogni fermata, al fine di permettere di controllare costantemente il numero totale di passeggeri presenti sull'autobus. E' in tal modo possibile evitare di superare la capienza massima dell'autobus, ad esempio impedendo la salita di nuovi passeggeri quando un autobus è già pieno. Inoltre, possono essere attivate procedure ausiliarie in conseguenza del

raggiungimento della capienza massima, come l'informazione di una centrale del servizio che possa provvedere a mettere in servizio altri autobus per far fronte all'esigenza del pubblico. Altre attività accessorie possono poi essere svolte a partire dalla conoscenza dei dati relativi ai passeggeri, come l'effettuazione di analisi statistiche basate sul flusso dei passeggeri o per derivare informazioni in merito ad eventuali frodi da parte dei passeggeri.

Attualmente il controllo automatico di corpi che attraversano varchi viene effettuato utilizzando varie tecniche quali le barriere ottiche a trasmissione e/o riflessione, ad esempio di raggi luminosi o infrarossi, o le barriere fisiche, come tornelli, pedane sensibili alla pressione, o rilevatori di movimento basati su microonde, raggi infrarossi passivi od ultrasuoni.

Si deve tuttavia tener presente che esistono molte applicazioni pratiche nelle quali l'impiego delle barriere fisiche non è accettabile per motivi di sicurezza e/o praticità d'utilizzo.

Tutti i sistemi noti presentano inoltre una serie di limitazioni che li rendono inadatti a discriminare tra oggetti e persone, o tra oggetti e persone tra loro molto vicini, o tra oggetti e per-

sone che procedono in direzioni opposte o non normali alla linea ideale del varco. Inoltre, i sistemi noti prevedono l'impiego di sensori che possono facilmente essere ingannati da oggetti o persone che procedono con velocità sostenuta.

Uno scopo dell'invenzione è quello di proporre un procedimento per la rilevazione ed il conteggio automatico di corpi che attraversano un varco, che sia semplice ed affidabile e che permetta contemporaneamente di discriminare la loro direzione ed il verso di spostamento così da controllare il loro flusso in ingresso o in uscita da almeno una delle aree adiacenti il varco.

Tale scopo viene raggiunto grazie al fatto che il procedimento comprende le operazioni di:

- monitorare il varco con mezzi per la generazione di segnali d'immagine al fine di ottenere una successione di immagini di ciascun corpo che attraversa il varco, ciascuna immagine corrispondendo ad un istante definito,
- elaborare tali immagini in modo da ottenere per ogni istante considerato una mappa altimetrica di ciascun corpo che attraversa il varco,
- confrontare almeno una mappa altimetrica ottenute con almeno un modello di mappa altimetrica

immagazzinata in un'unità d'elaborazione, e

- attivare una procedura di conteggio in conseguenza dell'esito di detta operazione di confronto.

Grazie a tali caratteristiche il procedimento secondo l'invenzione permette di discriminare con notevole grado di affidabilità tra corpi di forma diversa e di selezionare ai fini del conteggio solo una particolare tipologia di corpi, ad esempio le sole persone. Inoltre, la quantità delle informazioni ottenibili grazie al procedimento oggetto dell'invenzione, assai maggiore rispetto a quella derivabile per mezzo delle tecniche già esistenti, permette maggiori affidabilità e robustezza nel conteggio, superando le limitazioni che solitamente affliggono i sistemi noti, consentendo così un suo migliore adattamento a condizioni di lavoro differenti e quindi una maggiore generalità d'impiego.

Con l'invenzione risulta pertanto possibile discriminare tra oggetti e persone anche molto vicini tra loro, tra oggetti e persone che si muovono in direzioni diverse o generalmente non normali alla linea ideale del varco, tra oggetti e persone che procedono a velocità sostenuta o comunque con comportamenti che potrebbero facilmente ingannare i sensori utilizzati dai sistemi noti.

In particolare, per mappa altimetrica s'intende una qualsiasi rappresentazione delle distorsioni altimetriche, o di quota, dovute alla presenza di un corpo. Una tale mappa si ottiene a seguito dell'analisi altimetrica del corpo stesso, svolta utilizzando metodi automatici per sé noti, che permette di descrivere le caratteristiche di forma del corpo in forma facilmente confrontabile con analoghe mappe di altri corpi. Se tale analisi viene svolta in corrispondenza di un varco, si possono individuare fra i corpi che lo attraversano, nel presente caso ai fini di un conteggio, solo quelli che soddisfano caratteristiche di forma predeterminate. Tipicamente, per distinguere una persona da altri corpi di forma differente, si partirà dal presupposto che una persona presenta una testa disposta superiormente ad un tronco generalmente cilindrico, il che le conferisce un profilo altimetrico caratteristico.

Naturalmente, un sistema di elaborazione dati può essere programmato in modo per sé noto, in modo da svolgere un'analisi altimetrica di corpi allo scopo di riconoscere la forma caratteristica di persone o altri tipi di oggetti da considerare. La programmazione può avvenire mediante approcci algoritmici tradizionali, e quindi codificando a priori

nel sistema di elaborazione le caratteristiche altimetriche dei corpi da riconoscere, oppure facendo ricorso a tecniche di apprendimento statistico come ad esempio le reti neurali. Inoltre, è possibile rendere un sistema di elaborazione dati in grado di valutare l'evoluzione spazio-temporale della posizione dei corpi considerati per dedurre la dinamica del loro movimento, in particolare la direzione ed il verso dei loro spostamenti.

Un modello di mappa altimetrica di un corpo immagazzinato nell'unità d'elaborazione ed utilizzabili per il confronto con altre mappe altimetriche ottenute per i corpi che attraversano il varco, può essere di tipo statico e quindi realizzato sulla base di un'unica mappa altimetrica riferita ad un'istante dell'attraversamento del varco da parte di un corpo, oppure di tipo dinamico e quindi realizzato sulla base di una pluralità di mappe altimetriche relative ad uno stesso corpo, ciascuna corrispondente ad un istante differente dell'attraversamento del varco.

Forma inoltre oggetto dell'invenzione un dispositivo per la rilevazione ed il conteggio automatico di corpi che attraversano un varco, caratterizzato dal fatto che comprende:

- mezzi per la generazione di segnali d'immagine associati ad un varco,
- un'unità d'elaborazione collegata con tali mezzi per la generazione di segnali d'immagine e destinata ad elaborare immagini provenienti da essi al fine di ottenere, per istanti successivi, mappe altimetriche di ciascun corpo che attraversa il varco, l'unità d'elaborazione essendo inoltre atta a confrontare con almeno un modello di mappa altimetrica in essa immagazzinata, almeno una mappa altimetrica ottenuta, al fine di attivare almeno una procedura di conteggio in funzione dell'esito del confronto eseguito.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno più chiaramente dalla descrizione dettagliata che segue, fornita a puro titolo d'esempio non limitativo e fatta con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

la figura 1 è una vista schematica prospettica che illustra una prima forma d'attuazione di un dispositivo secondo l'invenzione,

le figure 2a, 2b e 3 illustrano rispettivamente in modo schematico due viste ottenute per mezzo del dispositivo della figura 1 ed una vista stereoscopica derivata da esse,

la figura 4 è una vista simile alla figura 1 di un'altra forma d'attuazione di un dispositivo secondo l'invenzione, e

le figure 5 a 9 sono viste che illustrano schematicamente le modalità operative del dispositivo della figura 4.

Con riferimento alle figure 1 a 3, con 1 è indicato nel suo insieme un dispositivo per la rilevazione ed il conteggio automatico di corpi che attraversano un varco. In particolare, il dispositivo 1 è destinato ad ottenere la mappa altimetrica di un corpo B che passa accanto ad esso, nel caso specifico inferiormente ad esso, a seguito della composizione di una sua immagine stereoscopica.

Più specificamente, il dispositivo 1 comprende una coppia di telecamere 3, convenientemente del tipo a bassa risoluzione, disposte distanziate fra loro e preferibilmente sulla verticale del varco che si intende controllare. Tale varco è definito da una superficie virtuale ad esempio piana e verticale, suscettibile di essere attraversata da corpi B in movimento, e delimitata inferiormente da una linea di soglia A che costituisce la proiezione al suolo della superficie virtuale.

Ciascuna telecamera 3 riprende ad un determina-

to istante una relativa immagine elementare 4a, 4b, come esemplificato rispettivamente nelle figure 2a e 2b. Le due immagini elementari 4a e 4b ottenute allo stesso istante dalle due telecamere 3 sono trattate da un'unità d'elaborazione 5 che combinandole deriva da esse un'unica immagine stereoscopica 4, schematizzata nella figura 3 mediante un insieme di curve di livello costituente una mappa altimetrica del corpo B. L'elaborazione svolta dall'unità 5 è eseguita in modo tale da ottenere una corrispondenza nel mondo reale fra le proiezioni dei punti di ciascuna immagine elementare, così da permettere di dedurre informazioni relative alla disparità, cioè alla distanza fra posizioni diverse di uno stesso punto sulle due immagini elementari 4a e 4b corrispondenti. Essendo dunque note le immagini elementari 4a e 4b acquisite da ciascuna telecamera 3 nello stesso istante, ed essendo nota la collocazione delle telecamere 3 rispetto al varco, le posizioni spaziali tridimensionali di tutti i punti osservati possono essere univocamente determinate. E' pertanto possibile ottenere istante per istante la mappa altimetrica, o di profondità, del varco e dei corpi B che lo attraversano. Da tale mappa altimetrica, e dalla sua evoluzione nel tempo, a seguito di un

confronto con modelli noti all'unità di elaborazione 5, si può facilmente dedurre se un corpo B che attraversa il varco è un corpo che soddisfa condizioni predeterminate, ad esempio il fatto di presentare una testa al di sopra di un tronco nel caso delle persone, e quindi da conteggiare. Come affermato in precedenza, i modelli di mappe altimetriche già immagazzinati nell'unità d'elaborazione ai fini dell'operazione di confronto, possono essere riferita ad un'unico istante dell'attraversamento del varco da parte del corpo B, e quindi di tipo statico, e/o costituiti ciascuno da una pluralità di mappe altimetriche relative ad uno stesso corpo e corrispondenti ad istanti differenti dell'attraversamento del varco, e quindi di tipo dinamico.

Dal confronto reciproco fra le mappe altimetriche corrispondenti ad uno stesso corpo ed ottenute ad istanti successivi è inoltre possibile dedurre la direzione ed il verso del movimento di ciascun corpo B. In tal modo si può conteggiare un corpo B in modo differente, oppure decidere se conteggiarlo o no, in funzione del suo verso di spostamento rispetto alla linea di soglia A.

Secondo un'altra forma d'attuazione e con riferimento alle figure 4 a 9, un dispositivo 7

secondo l'invenzione utilizza la tecnica della cosiddetta "luce strutturata", per cui è possibile sfruttare particolari caratteristiche d'illuminazione per estrarre informazioni relative alla geometria di una scena.

Il dispositivo 7 comprende in questo caso una singola telecamera 4 ed un generatore 9 di luce monocromatica, ad esempio costituito da un laser a stato solido provvisto di una relativa ottica, proiettante un piano di luce che coincide con la superficie virtuale che definisce il varco. In tal modo ogni corpo B che passa attraverso il varco penetra attraverso il piano di luce ed a seguito dell'intersezione con esso vengono generate sui bordi del corpo B linee di profilo luminose L, in quanto illuminate dal piano di luce, ciascuna delle quali corrisponde ad un'immagine istantanea bidimensionale di una porzione di contorno di una sezione del corpo B (vedere le figure 4, 5 e 7).

La telecamera 4 è preferibilmente posizionata con il suo asse ottico incidente sul piano di luce emesso dal generatore 9 ed in modo da inquadrare tutta la zona del varco che si vuole controllare al fine di rilevare tutte le parti della scena illuminate a seguito dell'intersezione con il piano di

luce. L'immagine istantanea bidimensionale L di parte del contorno di un corpo B (vedere figura 8) durante il suo attraversamento della superficie costituente il varco e definita dal piano di luce, è composta da una pluralità di punti ciascuno dei quali identifica nello spazio tridimensionale una linea di vista che si estende dal rispettivo punto nello spazio alla sua proiezione sul piano immagine passando per il fuoco della telecamera 4. Quindi la posizione tridimensionale di ciascun punto della linea luminosa L può essere ottenuta calcolando la posizione dell'intersezione della linea di vista con il piano di luce, considerando che è nota a priori la posizione del piano di luce in quanto definita a seguito del posizionamento del generatore 9, ed eventualmente determinabile per misura diretta, così come la posizione spaziale della telecamera 4 e quindi del suo asse focale.

Utilizzando questa tecnica possono risultare di individuazione incerta le sole superfici di un corpo B sostanzialmente parallele al piano di luce, ma questo inconveniente può essere corretto scegliendo una collocazione adatta della telecamera 4 rispetto alla sorgente di luce 9.

La telecamera 4 può essere convenientemente

munita di un filtro ottico accordato sulla frequenza del generatore di luce monocromatica.

Dall'analisi dell'insieme delle linee luminose $L_0, L_1, \dots, L_N$ (vedere figura 9) generate ad istanti successivi $t_0, t_1, \dots, t_N$ per l'intersezione del piano di luce proiettato dalla sorgente 9 sul profilo di un corpo B che lo sta attraversando, è possibile ottenere le informazioni relative alla forma della superficie del corpo stesso, sufficienti a definire la mappa altimetrica del corpo B.

La mappa altimetrica ottenuta per ciascun corpo B che attraversa il varco e corrispondente alla forma del corpo stesso ad un determinato istante, può essere codificata come illustrato nella figura 6, per mezzo di una stringa che riporta le varie zone del suo profilo poste a quote differenti indicate con diverse tonalità di grigio. Ciascuna mappa altimetrica istantanea, e/o la sua evoluzione nel tempo durante l'attraversamento del varco, può quindi essere confrontata con modelli di tipo statico o dinamico di mappe altimetriche di altri corpi, cioè realizzati sulla base di una singola mappa altimetrica oppure sulla base di una pluralità di mappe altimetriche riferite ad istanti successivi, codificati in modo analogo e già immagazzinati

nell'unità d'elaborazione 5, per riconoscere fra i corpi B che attraversano il varco quelli che devono essere conteggiati. In tal modo è ad esempio possibile discriminare fra persone e valigie che entrano da una porta di un mezzo di trasporto. E' inoltre possibile riconoscere la presenza contemporanea di più persone nella stessa scena.

Considerando la variazione nel tempo della mappa altimetrica di un corpo si può ricostruire la legge del suo movimento attraverso il varco così da poter dedurre la direzione ed il verso del suo spostamento al fine di valutare se esso si sta muovendo in modo da entrare o uscire da una delle aree adiacenti il varco ed attivare conseguentemente una procedura di conteggio prevista dal sistema.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la rilevazione ed il conteggio automatico di corpi che attraversano un varco, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- monitorare il varco (A) con mezzi per la generazione di segnali d'immagine (3; 4, 9) al fine di ottenere una successione di immagini (4a, 4b; L_0 , L_1 , ..., L_N) di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A), ogni immagine (4a, 4b; L_0 , L_1 , ..., L_N) corrispondendo ad un istante definito,
- elaborare tali immagini (4a, 4b; L_0 , L_1 , ..., L_N) in modo da ottenere per ogni istante considerato una mappa altimetrica di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A),
- confrontare almeno una mappa altimetrica ottenuta con almeno un modello di mappa altimetrica immagazzinata in un'unità d'elaborazione (5), ed
- attivare una procedura di conteggio in conseguenza dell'esito di detta operazione di confronto.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti modelli di mappe altimetriche comprendono almeno una mappa altimetrica di un corpo di riferimento, corrispondente ad un'istante dell'attraversamento del varco (A) da parte del relativo corpo, e/o almeno una pluralità

di mappe altimetriche di un corpo di riferimento, corrispondenti ad istanti differenti dell'attraversamento del varco (A) da parte del relativo corpo.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 oppure 2, caratterizzato dal fatto che le mappe altimetriche di un corpo (B) ottenute ad istanti differenti sono confrontate fra loro per determinare la dinamica del movimento del corpo (B) attraverso il varco (A).

4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che la procedura di conteggio è attivata secondo modalità differenti in funzione della dinamica di movimento di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A).

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzato dal fatto che le immagini (4a, 4b) ottenute dai mezzi per la generazione di segnali d'immagine (3) sono elaborate per ottenere un'immagine stereoscopica (4) di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A).

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzato dal fatto che i mezzi per la generazione di segnali d'immagine (4, 9) sono suscettibili di ottenere immagini bidimen-

sionali ($L_0, L_1, \dots, L_N$) contenenti informazioni altimetriche, attraverso l'applicazione della tecnica della luce strutturata.

7. Dispositivo per la rilevazione ed il conteggio automatico di corpi che attraversano un varco, caratterizzato dal fatto che comprende:

- mezzi per la generazione di segnali d'immagine (3; 4, 9) associati ad un varco (A), e
- un'unità d'elaborazione (5) collegata con tali mezzi per la generazione di segnali d'immagine (3; 4, 9) e destinata ad elaborare immagini (4a, 4b; $L_0, L_1, \dots, L_N$) provenienti da essi al fine di ottenere, per istanti successivi, mappe altimetriche di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A), l'unità d'elaborazione (5) essendo inoltre atta a confrontare con almeno un modello di mappa altimetrica in essa immagazzinata, almeno una mappa altimetrica ottenuta, al fine di attivare almeno una procedura di conteggio in funzione dell'esito del confronto eseguito.

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che l'unità d'elaborazione (5) è suscettibile di immagazzinare modelli di mappe altimetriche che comprendono almeno una mappa altimetrica di un corpo di riferimento, corrispondente

ad un'istante dell'attraversamento del varco (A) da parte del relativo corpo, e/o almeno una pluralità di mappe altimetriche di un corpo di riferimento, corrispondenti ad istanti differenti dell'attraversamento del varco (A) da parte del relativo corpo.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 7 oppure 8, caratterizzato dal fatto che i mezzi per la generazione di segnali d'immagine comprendono due telecamere (3) disposte con i rispettivi assi focali distanziati fra loro, e dal fatto che l'unità d'elaborazione (5) è in grado di trattare una coppia d'immagini (4a, 4b) acquisite rispettivamente da dette telecamere (3) e corrispondenti ad uno stesso istante, per comporre un'immagine stereoscopica (4) di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A) in quell'istante, e di ottenere da tale immagine stereoscopica (4) una relativa mappa altimetrica.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che gli assi focali di dette telecamere (3) giacciono su di una superficie virtuale definente il varco (A).

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 7 oppure 8, caratterizzato dal fatto che i mezzi per la generazione di segnali d'immagine comprendono un

generatore di luce (9) suscettibile di proiettare un piano di luce coincidente con una superficie virtuale definente il varco (A), ed una telecamera (4) disposta con il suo asse focale incidente su tale superficie, e dal fatto che l'unità d'elaborazione (5) è in grado di trattare una pluralità d'immagini bidimensionali ($L_0, L_1, \dots, L_N$) acquisite da detta telecamera (4), ognuna corrispondente ad un istante differente, per ottenere una mappa altimetrica di ciascun corpo che attraversa il varco (A).

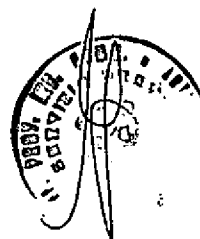
12. Dispositivo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che il generatore di luce (9) è un generatore di luce monocromatica, preferibilmente un laser a stato solido.

13. Dispositivo secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che la telecamera (4) è munita di un'ottica provvista di un filtro accordato sulla frequenza della luce emessa dal generatore di luce (9).

14. Dispositivo secondo la rivendicazione 10 oppure 11, caratterizzato dal fatto che l'unità d'elaborazione (5) è predisposta per confrontare mappe altimetriche relative ad istanti successivi di ciascun corpo (B) che attraversa il varco (A), per determinare la direzione ed il verso del movimento di

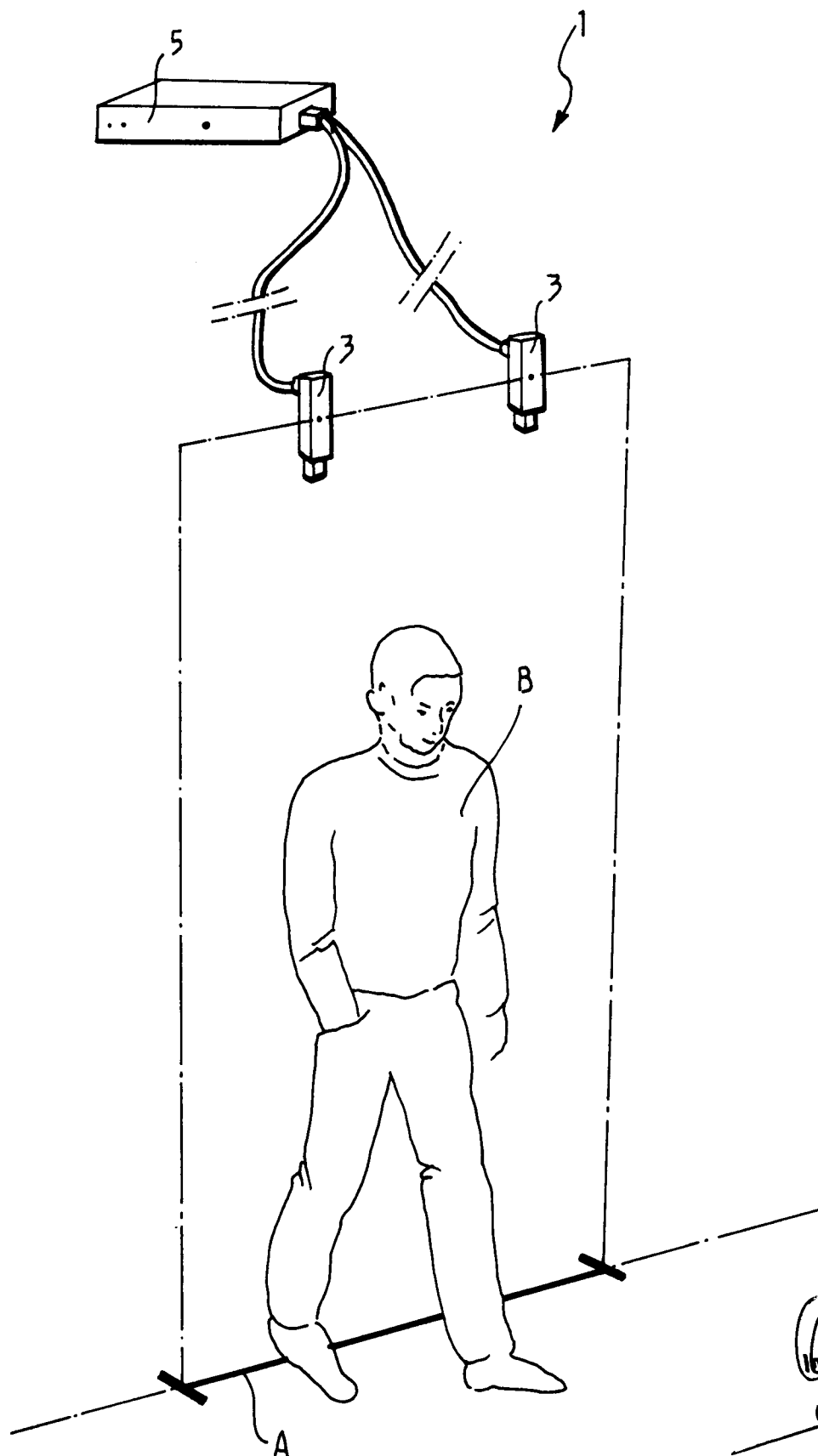
ciascun corpo (B) in corrispondenza del varco (A).

PER INCASSO
Ing. Angelo GERBINO
N. 1212. A. 12. 138
(in proprio e per gli altri)



AMBROBACCI & PERANI S.p.A.

FIG. 1



Ing. Angelo GERBINO
N. Iscr. 24/AT/90/488
(in proprio e per gli altri)

FIG. 2a

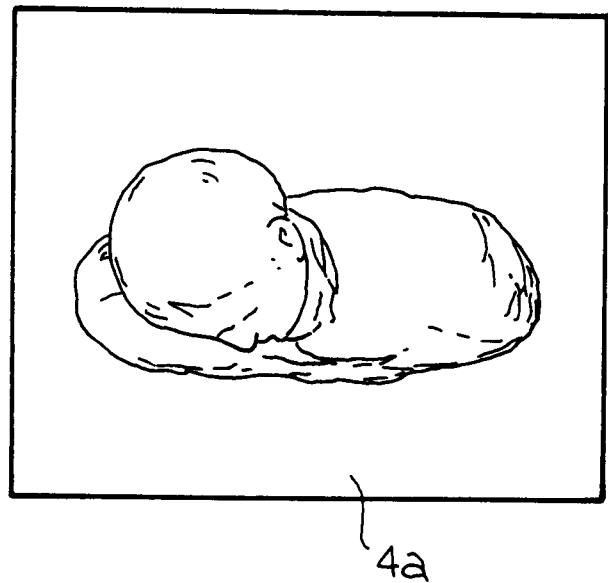


FIG. 2b

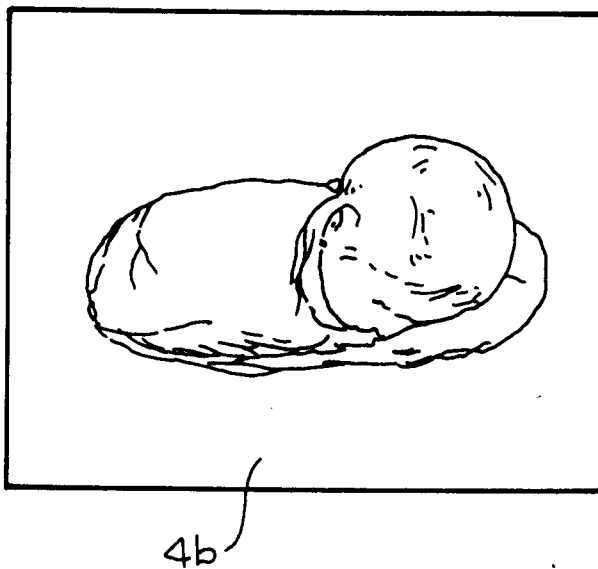
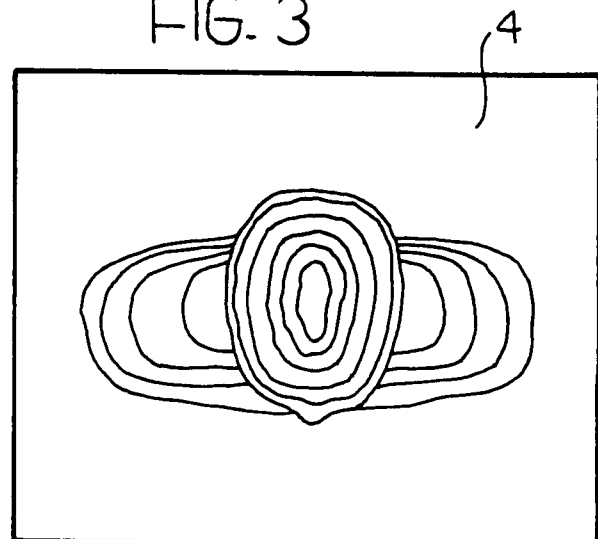


FIG. 3



Ing. Angelo GERBINO
M. 1st. 12. 11. 1998
(in proprio e per gli altri)

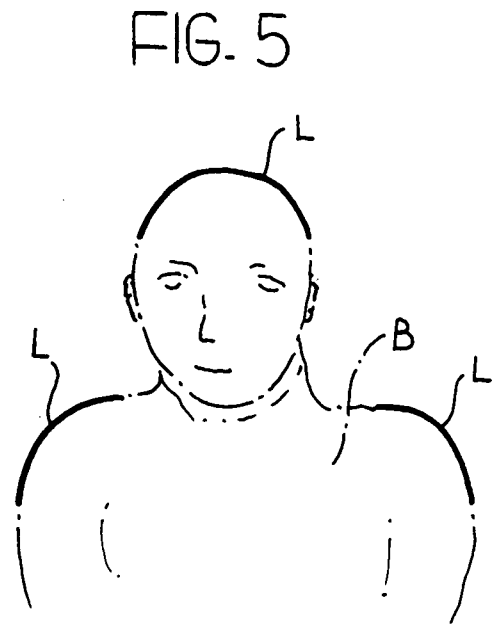
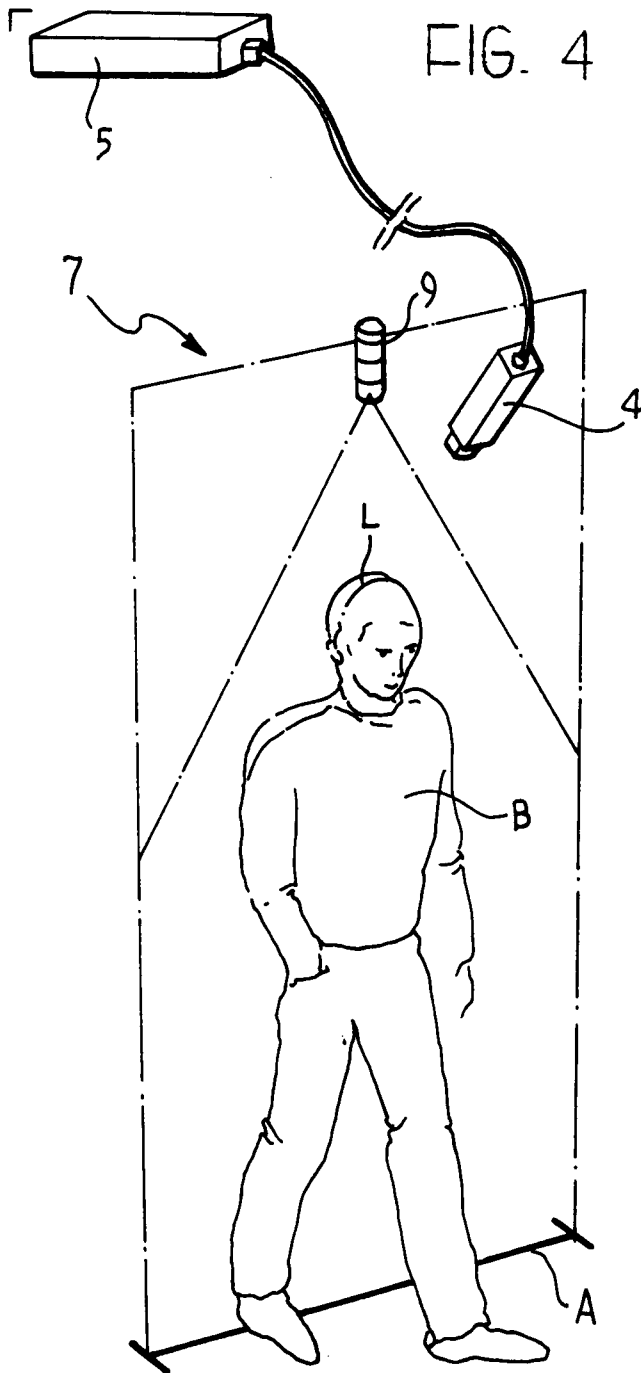
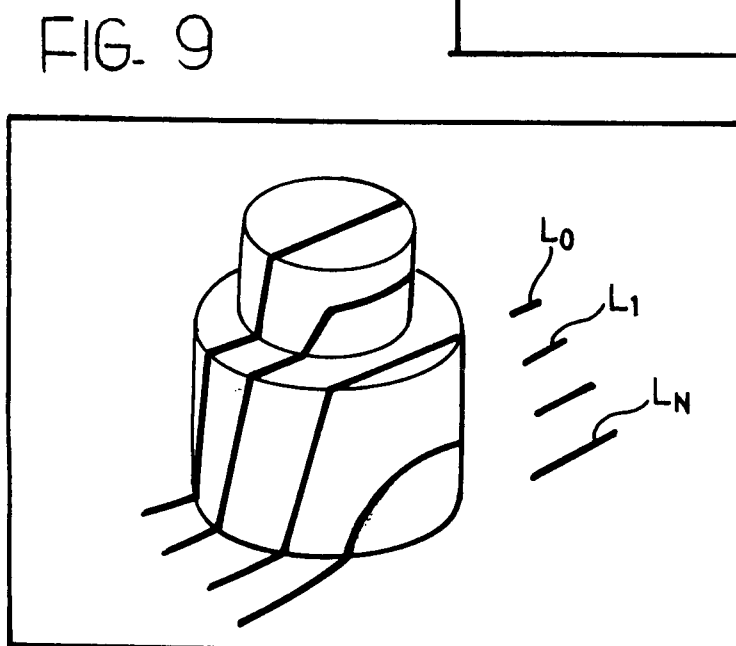
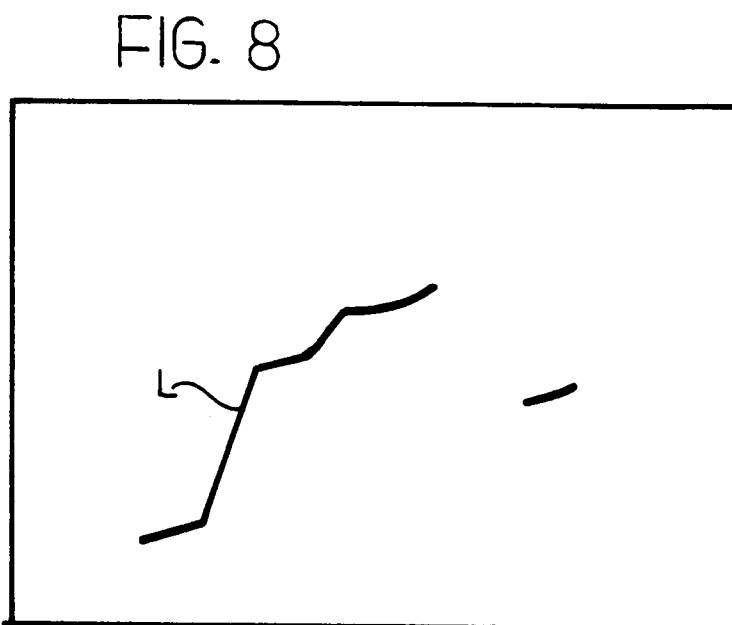
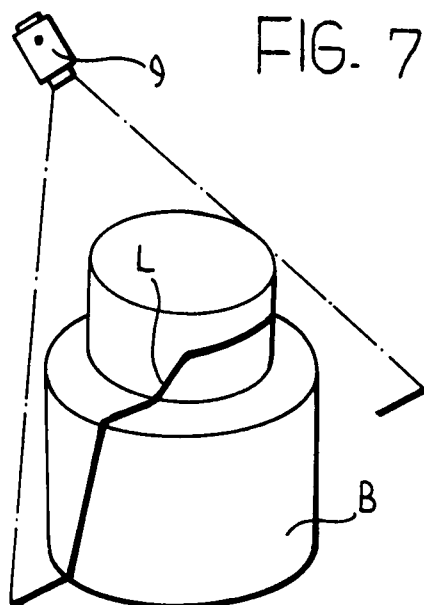


FIG. 6



Angelo F.lli
 Ing. ADRIANO FEDERICO
 Inscriz. ALBO 433
 Torino e per gli altri



Ing. Angelo GEPINO
N. Iscritt. ALBO 1488
In proprio e per gli altri