

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

DOMANDA NUMERO	**101999900758103**
Data Deposito	**07/05/1999**
Data Pubblicazione	**07/11/2000**

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	08	B		

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	N		

Titolo

METODO E SISTEMA PER IL RILEVAMENTO IN TEMPO REALE DI OGGETTI ABBANDONATI IN EMBIENTI NON PRESENZIATI

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, in particolare oggetti pericolosi, come potenziali ordigni esplosivi, ed un sistema implementante tale metodo.

Il problema del rilevamento e del riconoscimento di oggetti in ambienti non direttamente sorvegliati da personale addetto, mediante operazioni di elaborazione di sequenze di immagini acquisite da sensori è sorto recentemente, in particolare, in associazione ai grandi sistemi di trasporto; l'attenzione della ricerca nei sistemi noti è stata tuttavia posta soprattutto sul rilevamento, l'inseguimento e la classificazione di oggetti in movimento, particolarmente in applicazioni relative al controllo ed alla gestione del traffico veicolare (conteggio e classificazione di veicoli che transitano su strade e autostrade), oppure in sistemi di supporto per la guida automatica (rilevamento e classificazione di ostacoli che si trovino lungo il percorso del veicolo da guidare).

Lo stato dell'arte non offre valide risposte al problema della rilevazione e classificazione di oggetti di piccole dimensioni, la cui caratteristica è di permanere per un tempo relativamente lungo nella stessa posizione all'interno di una scena sorvegliata, come è in particolare il caso di oggetti pericolosi abbandonati. Il caso tipico cui si fa riferimento è quello di borse abbandonate che potrebbero contenere esplosivi.

E' scopo della presente invenzione di indicare un metodo e un sistema implementante tale metodo che consenta la rilevazione in tempo reale di oggetti abbandonati o statici in ambienti non presenziati e con elevata probabilità di corretta identificazione del tipo di oggetto.

Per conseguire tale scopo la presente invenzione ha per oggetto un metodo e/o un

Ing. Roberto DINI

sistema per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, quali risultano dal testo delle rivendicazioni allegate, che fanno parte integrante della presente descrizione.

Ulteriori scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue e dai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio esplicativo e non limitativo, in cui:

- la figura 1 rappresenta in modo schematico l'architettura di un metodo e/o sistema di video sorveglianza secondo l'invenzione;

- la figura 2 rappresenta un esempio di interfaccia utente del sistema secondo l'invenzione;

- la figura 3 rappresenta un esempio di funzionamento di un particolare passo nel metodo e/o sistema secondo l'invenzione;

- la figura 4 rappresenta tre immagini di una scena osservata in accordo al metodo in oggetto, ed in particolare, in (a) l'immagine di sfondo, in (b) una scena in un istante generico, in (c) l'immagine dei cambiamenti fornita dal modulo di identificazione dei cambiamenti.

La soluzione innovativa è quella di avere a disposizione un sistema per l'acquisizione e l'elaborazione di sequenze di immagini in grado di segnalare all'operatore determinate situazioni, ad esempio di potenziale pericolo, collegate alla presenza di oggetti statici che possono, per esempio, essere messi in relazione con la presenza di ordigni esplosivi.

In particolare il sistema sviluppato permette di:

- segnalare in tempo reale la presenza di variazioni dello scenario di sfondo (background), contenente la scena dell'ambiente non presenziato (esempio sala d'aspetto di una stazione ferroviaria) privo di oggetti che non siano abitualmente

Ing. Roberto DINI

presenti in esso;

- localizzare tali variazioni su una mappa;

- operare una classificazione, segnalando all'operatore quali variazioni rispetto allo scenario di sfondo corrispondano effettivamente ad un oggetto statico o abbandonato, e quali a mutamenti dell'intensità luminosa oppure a cambiamenti strutturali dello scenario (es. porta aperta o chiusa).

L'architettura del metodo e/o sistema proposto è composta da diversi livelli, corrispondenti ognuno ad una determinata funzione; essa verrà descritta con riferimento alla figura 1, che rappresenta in modo schematico l'architettura di un sistema di video sorveglianza secondo l'invenzione. Ad ognuno dei livelli corrisponde un modulo; i vari moduli comunicano tra loro attraverso lo scambio di informazioni.

Con T viene indicato un modulo sensore, ossia una telecamera, per la rilevazione della scena da sorvegliare. Detta telecamera T produce un segnale analogico 1 rappresentativo dell'immagine.

Con M viene indicato un modulo di acquisizione delle immagini, che ha il compito di digitalizzare il segnale analogico 1 proveniente dalla telecamera T; detto modulo di acquisizione delle immagini M produce quindi in uscita un segnale digitale 2, che rappresenta l'immagine digitalizzata; l'immagine monocromatica digitalizzata è in questo caso costituita da 256x256 pixel, con 8 bit per pixel, corrispondenti a 256 differenti livelli di grigio. Il segnale digitale 2 originato dalla telecamera T provvede in tempi diversi, un'immagine di sfondo IS, relativa allo scenario di sfondo che si vuole impostare e memorizzare, e un'immagine corrente IC, che invece corrisponde all'immagine ripresa in tempo reale, istante per istante.

Con N viene indicato un modulo di identificazione dei cambiamenti, che ha il compito di rilevare eventuali cambiamenti nella scena sorvegliata e produce in uscita

Ing. Roberto DINI

un'immagine binaria 3, un'immagine in cui, cioè, ogni pixel è rappresentato da un solo bit che assume il valore 0 o 1.

Detto modulo di identificazione dei cambiamenti N rappresenta il cuore del sistema di video sorveglianza secondo l'invenzione; il metodo di rilevazione dei cambiamenti da esso utilizzato, che sarà descritto in dettaglio più avanti, è basato sull'integrazione di procedimenti operanti su differenze tra l'immagine corrente e un'immagine di riferimento, e procedimenti operanti su differenze tra l'immagine corrente e l'immagine precedente nel tempo.

Con O viene indicato un modulo di focalizzazione dell'attenzione, che ha il compito di identificare le zone di maggior interesse dell'immagine, tramite la rilevazione di zone rettangolari, altrimenti dette rettangoli di ingombro, contenenti cambiamenti significativi della scena osservata.

In tal modo vengono selezionate le zone dell'immagine che dovranno essere oggetto delle elaborazioni successive, scartando le altre prive di interesse e riducendo di fatto in questo modo l'onere computazionale del sistema.

Il modulo di focalizzazione dell'attenzione O esegue in primo luogo una procedura di segmentazione delle zone di cambiamento contenute nell'immagine; detta procedura di segmentazione consente di separare due regioni parzialmente sovrapposte, se il numero dei punti in comune risulta inferiore ad una determinata soglia.

La citata procedura di segmentazione è organizzata nel modo seguente:

- erosione statistica dell'immagine binaria 3 delle differenze (ricevuta dal precedente modulo di identificazione dei cambiamenti N);
- etichettatura dell'immagine erosa;
- fusione o separazione delle zone rilevate;
- dilatazione classica dell'immagine segmentata;

Ing. Roberto DINI

- fusione o separazione delle regioni dilatate.

Per dettagli sul procedimento di erosione statistica e altri procedimenti di morfologia statistica impiegabili, si veda ad esempio C.S. Regazzoni, A.N. Venetsanonpoulos, G.L. Foresti, G. Vernazza "Statistical morphological filters for binary image processing" *IEEE International Conference on Acoustic ,Speech and Signal Processing*, Adelaide, Australia, 19-22 Aprile 1994, vol. 5, pp. 77-80.

Successivamente il modulo di focalizzazione dell'attenzione O crea una lista di rettangoli di ingombro 4, cioè una lista delle zone di forma rettangolare che sono state identificate; tale lista contiene il numero dei rettangoli totali e, per ciascuno di essi, le coordinate del vertice in alto a sinistra e le dimensioni dello stesso (ossia dei suoi lati).

Con P viene indicato un modulo di localizzazione, che ha il compito di convertire le coordinate dei rettangoli di ingombro, ricevute nella lista dei rettangoli di ingombro 4 dal precedente modulo di focalizzazione dell'attenzione O, e riferite al sistema bidimensionale di coordinate dell'immagine, nel sistema tridimensionale della scena reale. Tale modulo di localizzazione P riceve in ingresso la lista dei rettangoli di ingombro 4, cioè la lista delle aree rettangolari corrispondenti alle zone di interesse, e provvede a fornire, sotto forma di una lista di rettangoli localizzati 5, le coordinate tridimensionali dei diversi oggetti rispetto al sistema di riferimento utilizzato nella rappresentazione della scena sorvegliata; il sistema di video sorveglianza utilizza tale informazione per visualizzare, tramite l'impiego di una interfaccia utente, le posizioni degli oggetti su una mappa.

Ai fini suddetti, il modulo di localizzazione P utilizza la cosiddetta calibrazione della telecamera T, ossia la determinazione della relazione tra coordinate bidimensionali nel piano immagine e coordinate tridimensionali reali; tale relazione dipende dalla posizione e orientazione della telecamera T, nonché dalle caratteristiche ottico-

Ing. Roberto DINI

geometriche della stessa.

Le operazioni di calibrazione possono essere eseguite una sola volta, all'avviamento del sistema, a patto che la telecamera T non venga traslata, oppure non vengano cambiati i suoi parametri intrinseci, quali ad esempio la distanza focale (nell'esempio qui fornito, la telecamera T è da considerarsi fissa).

Il modulo di localizzazione P provvede inoltre alla trasformazione di informazioni tra sistemi di riferimento, nel senso che, una volta calibrata la telecamera T, è possibile trasferire informazioni dal mondo bidimensionale a quello tridimensionale, e viceversa, tramite l'impiego di opportuni algoritmi.

Il modulo di localizzazione P, che riceve in ingresso i parametri della calibrazione, non rappresentati in figura 1, effettua all'avviamento del sistema la localizzazione di tutti i punti dell'immagine di sfondo IS o background in un sistema di riferimento tridimensionale; il modulo di localizzazione P riceve altresì in ingresso le coordinate dei piani più significativi presenti nell'ambiente sorvegliato, come ad esempio, nel caso di una sala d'aspetto ferroviario, il cosiddetto "piano terra" i muri, i tavoli, le panchine.

Con Q viene indicato un modulo di classificazione, che opera la classificazione degli oggetti contenuti all'interno dei rettangoli di ingombro rilevati dai moduli precedenti in quattro diverse classi:

- oggetto abbandonato: è un oggetto non appartenente alla scena di riferimento (immagine di sfondo IS), che permane nella stessa posizione per un tempo relativamente lungo. Rilevare tali oggetti è lo scopo finale del sistema di video sorveglianza, ed è l'unica situazione di effettivo allarme che viene segnalata all'operatore nell'esempio qui fornito.

- persona: una persona viene rilevata dal sistema di video sorveglianza se non si

Ing. Roberto DINI

muove per un certo tempo.

- artefatto luminoso: è un cambiamento locale nel valore di livello di grigio nell'immagine, a causa di una variazione dell'intensità luminosa della scena.

- cambiamento strutturale: con questo termine si indica una variazione nella struttura della scena, ad esempio una porta inizialmente chiusa che viene aperta e rimane aperta.

La classificazione è necessaria al fine di eliminare persone, artefatti luminosi e cambiamenti strutturali dalla lista dei possibili oggetti abbandonati.

Il modulo di classificazione Q può essere implementato mediante una rete neurale del tipo percettrone multilivello con algoritmi di retropropagazione (BNP, Back Propagation Network). Questo tipo di rete, descritta per esempio in "Parallel distributed processing" di D. Rumelhart e J. Mc Clelland in MIT Press, 1986, vol. I e II, richiede un insieme di campioni per l'addestramento, ognuno dei quali presenti l'indicazione della classe di appartenenza.

Il modulo di classificazione Q fornisce in uscita quindi una lista di rettangoli classificata 6.

Con R viene indicato un modulo di interfaccia utente, che ha lo scopo di visualizzare, tramite una segnalazione visiva 7, i messaggi che il sistema di video sorveglianza indirizza all'attenzione dell'utente (operatore). Il modulo di interfaccia utente R presenta preferibilmente un'area dove è rappresentata l'immagine dell'ambiente sorvegliato, un'area riservata alla notifica degli allarmi ed un'area di controllo per la gestione del sistema; in figura 2 è rappresentata una possibile forma realizzativa del modulo d'interfaccia utente R del sistema di video sorveglianza secondo l'invenzione. In esso osserviamo che sono riportate adiacenti l'immagine di sfondo IS, l'immagine corrente IC e l'immagine binaria 3

Ing. Roberto DINI

Il metodo implementato nel modulo di identificazione dei cambiamenti N verrà ora descritto in maggior dettaglio per meglio illustrare i principi dell'invenzione.

Il modulo di identificazione dei cambiamenti N riveste un ruolo fondamentale nel sistema di video sorveglianza secondo l'invenzione, in quanto provvede alla rilevazione delle variazioni osservate nella scena sorvegliata dalla telecamera T rispetto ad uno scenario di riferimento o di sfondo, cioè l'immagine di sfondo IS; tali variazioni costituiscono poi la base per le successive elaborazioni.

Sono note differenti tecniche di rilevazione dei cambiamenti in una scena osservata, che possono suddivise in metodi di tipo puntuale e metodi di tipo locale.

I metodi di tipo puntuale operano sull'informazione rappresentante ogni singolo pixel; essi hanno il vantaggio di richiedere un onere computazionale relativamente modesto, ma hanno lo svantaggio di essere molto vulnerabili di fronte a picchi di rumore che mutano il valore dell'informazione di pixel isolati.

I metodi di tipo locale sono basati sul coinvolgimento nell'elaborazione dell'informazione relativa ad alcuni pixel adiacenti a quello in esame; tali metodi forniscono risultati di gran lunga migliori in presenza di rumore rispetto ai metodi puntuali, ma presentano un consistente aggravio dell'onere computazionale relativo e quindi un allungamento corrispondente dei tempi di calcolo.

L'invenzione propone un metodo e/o sistema che è di tipo puntuale, ma è stato reso insensibile al rumore valutando non solo le variazioni tra l'immagine corrente IC e l'immagine di sfondo IS, ma anche le permanenze tra un certo numero di immagini correnti IC consecutive. Per permanenza si intende la costanza del valore di un informazione relativa a un determinato pixel nel tempo. In questo modo viene minimizzata la possibilità di avere segnali spuri dovuti al rumore, e si evidenzia la presenza di oggetti statici o abbandonati sulla scena.

Ing. Roberto DINI

Il metodo secondo l'invenzione si basa sull'utilizzo di filtri di rango temporali, uno per ciascun pixel dell'immagine; tali filtri mantengono l'informazione relativa un certo numero di immagini successive, allo scopo di effettuare la decisione.

Nei metodi di tipo puntuale si esegue la differenza tra il livello di grigio di ogni singolo pixel dell'immagine corrente IC e quello del corrispondente pixel dell'immagine di sfondo IS; la differenza viene poi confrontata con una soglia predefinita.

Definendo $P_k(x,y)$ il livello di grigio del pixel di coordinate (x,y) nell'immagine corrente IC, che chiameremo quadro k, e B(x,y) il livello di grigio dello stesso pixel nell'immagine di sfondo IS, si assume che vi sia stato un cambiamento se

$$|P_k(x,y)-B(x,y)|>S$$

ove S è un valore di soglia scelto.

Un picco isolato di rumore, che si somma o si sottrae al livello di grigio del pixel, può tuttavia portare alla rilevazione di un cambiamento del pixel che in realtà non è avvenuto.

Definendo $P_{k+1}(x,y)$ il livello di grigio del pixel (x,y) osservato nel quadro k+1 successivo al quadro k, affinché il pixel appartenga ad un oggetto abbandonato, esso non deve subire variazioni di luminosità tra immagini temporalmente contigue, cioè in pratica:

$$|P_{k+1}(x,y)-P_k(x,y)|<S$$

Affinché il sistema non sia sensibile al rumore, la decisione relativa al cambiamento di un pixel viene presa sfruttando l'informazione su n immagini precedenti.

Questo viene realizzato costruendo per ogni cella dell'immagine due code di n locazioni, gestite con strategia FIFO (First In First Out), che possono ad esempio essere realizzate attraverso dei registri; definiamo formalmente le due code relative al

Ing. Roberto DINI

pixel di coordinate (x,y):

- $C1_{x,y}$ è una prima coda relativa alle variazioni di grigio tra quadri successivi, cioè immagini correnti IC successive;

- $C2_{x,y}$ è una seconda coda relativa alle variazioni tra quadro corrente e immagine di sfondo IS;

Inizialmente detta prima coda $C1_{x,y}$ e detta seconda coda $C2_{x,y}$ sono vuote; la prima cella di entrambe viene occupata solo dopo l'acquisizione delle prime due immagini correnti IC; successivamente le code $C1_{x,y}$ e $C2_{x,y}$ vengono gestite come registri a scorrimento. Per velocizzare il sistema e minimizzare l'occupazione di memoria, la dimensione di ogni singola cella della prima coda $C1_{x,y}$ o della seconda coda $C2_{x,y}$ è pari ad un bit; quindi ciascuna coda $C1_{x,y}$ o $C2_{x,y}$ ha dimensioni pari a n bit.

Le strategie adottate per i cambiamenti quadro-sfondo e quadro-quadro sono qui illustrate:

$$C2_{x,y} = 1 \text{ se } |P_k(x,y)-B(x,y)|>S \text{ ; } = 0 \text{ altrimenti;}$$

$$C1_{x,y} = 1 \text{ se } |P_{k+1}(x,y)-P_k(x,y)|>S \text{ ; } = 0 \text{ altrimenti;}$$

La decisione viene presa ad ogni immagine quando la coda $C1_{x,y}$ o $C2_{x,y}$ si è riempita, quindi non è possibile decidere per le prime n immagini acquisite (periodo per portare a regime il sistema).

I pixel appartenenti ad oggetti abbandonati presenteranno un valore pari ad 1 nella seconda coda $C2_{x,y}$ ed un valore pari a 0 nella prima coda $C1_{x,y}$.

La figura 3 mostra l'andamento delle sequenze di bit nelle code $C1_{x,y}$ e $C2_{x,y}$ associate ai pixel; vengono analizzate le coppie di valori corrispondenti a ciascun pixel: se il numero di coppie (1,0) nelle code $C1_{x,y}$ e $C2_{x,y}$ supera un valore di soglia t_a, in un'immagine dei cambiamenti C(x,y), corrispondente all'immagine binaria 3 in corrispondenza del pixel (x,y) verrà assegnato il valore 255 (bianco). Le coppie (0,1)

Ing. Roberto DINI

e (0,0) non rappresentano casi di interesse, per cui il pixel corrispondente nell'immagine dei cambiamenti C(x,y) verrà posto a valore 0 (nero).

La scelta del valore ottimale della soglia S dipende dalle condizioni di illuminazione della scena di riferimento; nelle zone in cui la luce risulta più diffusa, cioè quelle meno illuminate, una soglia troppo elevata non permette di rilevare gli oggetti in essa contenuti, mentre nelle zone fortemente illuminate una soglia troppo bassa non consente un efficace filtraggio del rumore.

Il rumore a sua volta non risulta uniformemente distribuito nella scena e quindi è conveniente adottare una soglia variabile S', variabile da zona a zona dell'immagine.

La formula seguente rappresenta la soglia variabile adottata:

$$S' = \begin{cases} dl & \text{se } B(x,y)<55 \\ dl+(dh-dl)*[B(x,y)-55]/(200) & \text{se } 55<B(x,y)<200 \\ dh & \text{se } B(x,y)>200 \end{cases}$$

dove

dl è il valore di soglia più basso (13 nel nostro esempio),

dh quello più alto (30 nel nostro esempio),

B(x,y) è il valore di grigio del pixel (x,y) nell'immagine di sfondo IS.

Le prestazioni del sistema di video sorveglianza descritto sono state valutate sia in termini di probabilità di falso o mancato allarme, allo scopo di verificarne l'efficienza, sia in termini di tempo totale di elaborazione, per verificare la capacità del sistema di operare in tempo reale.

La valutazione delle prestazioni è stata ottenuta tramite una sequenza di immagini reali, acquisite nella sala di attesa di una stazione ferroviaria, e la classificazione del sistema è stata confrontata con l'osservazione diretta.

Nella tabella seguente sono riportate le prestazioni del sistema in termini di probabilità

Ing. Roberto DINI

di rilevazione corretta Pdet, di probabilità di mancato allarme Pma e di probabilità di falso allarme Pfals per ognuna delle quattro categorie di eventi di classificazione.

Come si vede nella tabella, la probabilità di falso o mancato allarme presenta valori assai bassi, mentre la probabilità di corretta individuazione di un oggetto abbandonato è addirittura stimata al 100%.

Probabilità	**Oggetto abbandonato**	**Persona**	**Artefatto**	**Cambiamento strutturale**
Pdet	100%	86%	83%	100%
Pma	0%	14%	17%	0%
Pfals	2,5%	2%	4,%	2%

Il tempo totale di elaborazione è risultato in media inferiore ai tre secondi, partendo dalla acquisizione dell'immagine fino al responso della classificazione, dimostrando così l'attitudine del sistema a funzionare in tempo reale.

L'innovazione del metodo e/o sistema secondo l'invenzione risiede principalmente in due punti:

- strategia di rilevamento dei cambiamenti;
- automazione del compito di riconoscimento della presenza di oggetti abbandonati.

Il metodo impiegato per il rilevamento dei cambiamenti rappresenta un buon compromesso tra la riduzione dei tempi di elaborazione e la robustezza nei confronti del rumore; la tecnica descritta è utilizzabile in un insieme di applicazioni anche diverse da quella descritta come esempio.

Il tempo di elaborazione necessario per l'identificazione dei cambiamenti secondo il metodo descritto per rilevare la presenza di un oggetto abbandonato è risultato di 2,3 secondi; esso risulta senz'altro maggiore rispetto alla strategia basata sulla semplice differenza (che può richiedere anche meno di un decimo di secondo), ma risulta

Ing. Roberto DINI

tuttavia decisamente più elevata la resistenza alla presenza di rumore; in ogni caso il tempo di 2,3 secondi non compromette le prestazioni del sistema in termini di esecuzione in tempo reale.

D'altra parte tale tempo risulta pur sempre minore di quello necessario ad altri metodi noti quali quelli basati sulla differenza dei contorni o al metodo di Canny.

Un esempio del funzionamento del modulo di identificazione dei cambiamenti è mostrato nella figura 4 allegata; la figura 4a rappresenta un immagine di sfondo IS, che viene acquisita come lo sfondo della scena osservata; l'immagine 4b rappresenta l'immagine corrente IC, nella quale si può vedere la stessa scena in una condizione in cui sono presenti alcune variazioni rispetto all'immagine di sfondo IS di figura 4a; la figura 4c rappresenta l'immagine digitalizzata dei cambiamenti, cioè l'immagine binaria 3, risultante dall'elaborazione del modulo di identificazione dei cambiamenti N. Detta immagine binaria 3 è, come già spiegato, un'immagine a due colori, bianco e nero, dove le regioni bianche rappresentano le differenze fra l'immagine corrente IC e l'immagine di sfondo IS.

Un primo prototipo del sistema descritto è stato realizzato utilizzando una stazione di lavoro (workstation) SUN SPARC 10, con sistema operativo UNIX e scheda di acquisizione ITEX 151 della ditta Imaging Technology. Il software del sistema è stato scritto in linguaggio C.

In seguito, nell'ottica di ottenere un prodotto realizzabile commercialmente su larga scala, il sistema è stato realizzato utilizzando un Personal Computer con microprocessore Pentium, sistema operativo Windows e bus PCI ad alta velocità di trasferimento dati; la scheda acquisizione impiegata è una Matrox Meteor RGB.

Il sistema per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati è stato concepito e sperimentato in relazione a stazioni ferroviarie non

Ing. Roberto DINI

presenziate, ma il sistema secondo l'invenzione si presta ad essere impiegato in ogni tipo di ambiente non direttamente sorvegliato da personale addetto, come per esempio supermercati, parcheggi, ambienti aeroportuali, ecc.

Le caratteristiche del sistema e/o metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati descritto risultano chiare dalla descrizione effettuata e dai disegni annessi.

Dalla descrizione effettuata risultano pure chiari i vantaggi del sistema e/o metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati oggetto della presente invenzione.

E' chiaro che numerose varianti sono possibili per l'uomo del ramo al sistema e/o metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, descritto come esempio, senza per questo uscire dai principi di novità insiti nell'idea inventiva, così come è chiaro che nella sua pratica attuazione le forme dei dettagli illustrati potranno essere diverse, e gli stessi potranno essere sostituiti con degli elementi tecnicamente equivalenti.

* * *

Ing. Roberto DINI

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, in particolare oggetti pericolosi, come potenziali ordigni esplosivi, del tipo che prevede di acquisire immagini di una scena osservata (1), comprendente un passo di identificazione dei cambiamenti (N) nella scena osservata (1), caratterizzato fatto che tale passo di identificazione dei cambiamenti (N) nella scena osservata (1) è basato su un metodo che è di tipo puntuale, ma è stato reso resistente al rumore valutando non solo le variazioni tra un'immagine corrente (IC) e un'immagine di sfondo (IS), ma anche le permanenze tra un determinato numero di immagini correnti (IC) consecutive.

2. Metodo, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che dette permanenze tra un determinato numero di immagini correnti (IC) consecutive vengono valutate per mezzi di filtri di rango temporale ($C1_{x,y}$, $C2_{x,y}$) associati a ciascun pixel dell'immagine corrente (IC).

3. Metodo, secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detti filtri di rango temporale ($C1_{x,y}$, $C2_{x,y}$) mantengono l'informazione relativa al medesimo pixel di un determinato numero di immagini correnti (IC) consecutive.

4. Metodo, secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che il detto passo di identificazione dei cambiamenti (N) nella scena osservata (1) comprende i seguenti passi:

- eseguire la differenza tra un livello di grigio [P(x,y)] associato ad ogni pixel dell'immagine di sfondo (IC) e il livello di grigio [B(x,y)] associato al corrispondente pixel dell'immagine corrente (IC);
- eseguire la differenza tra il livello di grigio [P(x,y)] di ogni pixel in due immagini correnti (IC) consecutive della scena;

Ing. Roberto DINI

- costruire per ogni pixel della scena due code ($C1_{x,y}$, $C2_{x,y}$) di n locazioni, gestite con strategia FIFO, una prima coda ($C1_{x,y}$) essendo relativa alle variazioni di grigio tra immagini correnti (IC) successive e una seconda coda ($C2_{x,y}$) relativa alle variazioni di grigio tra immagine corrente (IC) e immagine di sfondo (IS);
- ad ogni locazione della prima coda ($C1_{x,y}$) e della seconda coda ($C2_{x,y}$) viene assegnato il valore 1 se la differenza nei livelli di grigio supera una soglia (S) determinata ed il valore zero in caso contrario;
- si analizzano le coppie di valori relativi alle due code ($C1_{x,y}$, $C2_{x,y}$) corrispondenti a ciascun pixel e viene assegnato un valore alto (255, bianco) ai pixel per i quali le coppie di valori pari a (1,0) superano una soglia determinata (t_a), mentre agli altri pixel viene assegnato un valore basso (0, nero), componendo conseguentemente un'immagine binaria (3).

5. Metodo, secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che la soglia (S) tra i livelli di grigio [P(x,y), B(x,y)] viene scelta in modo variabile da zona a zona della scena osservata (1), tale soglia variabile (S') essendo più bassa (13) nelle zone poco illuminate e più elevata (30) nelle zone più illuminate di detta scena osservata (1).

6. Metodo, secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che a detta soglia variabile (S') tra i livelli di grigio viene assegnato un valore intermedio tra i detti valori nelle zone della scena osservata (1) presentanti illuminazione intermedia.

7. Metodo, secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detto numero n di locazioni di cui ciascuna coda ($C1_{x,y}$, $C2_{x,y}$) è composta viene scelto maggiore di 10.

8. Sistema per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, in particolare oggetti pericolosi, caratterizzato dal fatto di

Ing. Roberto DINI

comprendere i seguenti moduli:

- modulo sensore (T);

- modulo di acquisizione d'immagini (M);

- modulo di identificazione dei cambiamenti (N);

- modulo di focalizzazione dell'attenzione (O);

- modulo di localizzazione (P);

- modulo di classificazione (Q);

- modulo di interfaccia utente (R); e che

il modulo di identificazione dei cambiamenti (N) implementa il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti.

9. Sistema secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto modulo di focalizzazione dell'attenzione (O) esegue una procedura di segmentazione delle zone di cambiamento contenute in un immagine binaria (3) ricevuta dal modulo di identificazione dei cambiamenti (N).

10. Sistema secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detta procedura di segmentazione eseguita in detto modulo di focalizzazione dell'attenzione (O) comprende i seguenti passi:

a) erosione statistica dell'immagine binaria (3) ricevuta dal modulo di identificazione dei cambiamenti (N);

b) etichettatura dell'immagine binaria (3) erosa;

c) fusione o separazione delle zone rilevate;

d) dilatazione classica dell'immagine segmentata;

e) fusione o separazione delle regioni dilatate.

11. Sistema secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto modulo di focalizzazione dell'attenzione (O) crea una lista di rettangoli di ingombro

Ing. Roberto RINI

(4).

12. Sistema secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto modulo di localizzazione (P) riceve in ingresso la lista dei rettangoli di ingombro (4), e provvede in uscita una lista di rettangoli localizzati (5), contenente coordinate tridimensionali.

13. Sistema secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto modulo di classificazione (Q) comprende una rete neurale del tipo percettrone multilivello con algoritmi di retropropagazione.

14. Metodo per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati e/o sistema per il rilevamento in tempo reale di oggetti abbandonati in ambienti non presenziati, quale risulta dagli insegnamenti della presente descrizione e dalle figure allegate.

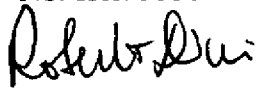
* * * *

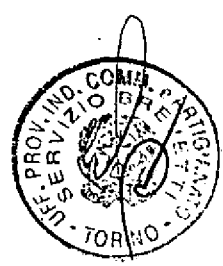
Università degli Studi di Genova, Dipartimento di Ingegneria Biofisica ed Elettronica

Consiglio Nazionale delle Ricerche

p.i. Ing. Roberto Dini

No. Iscr. Albo 270





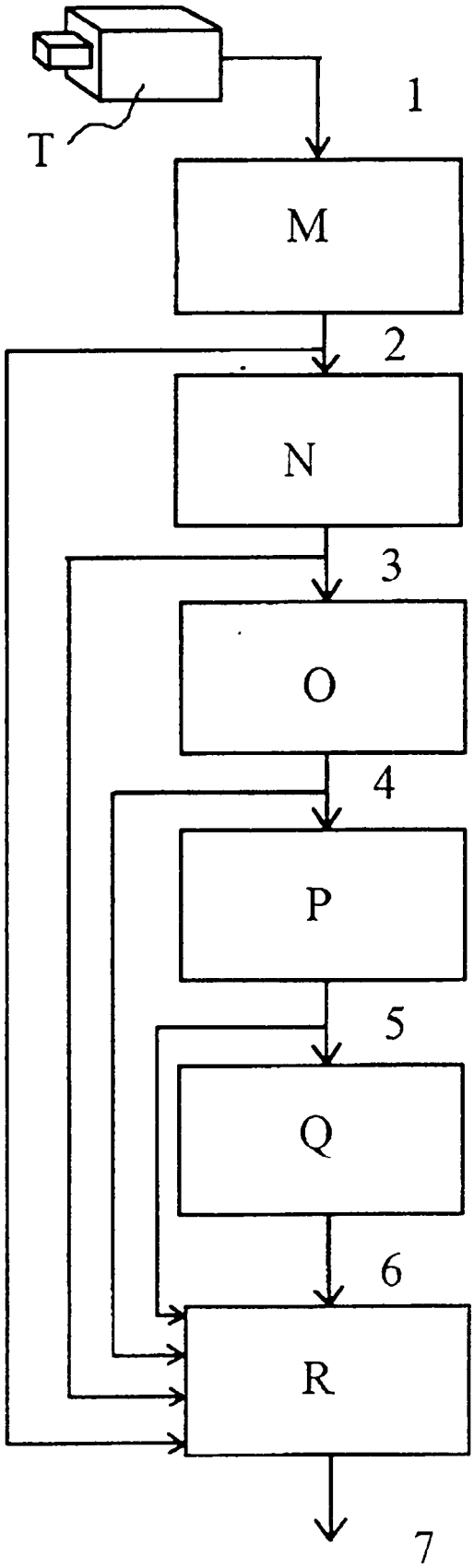


Fig. 1

Ing. Roberto Dini

IS IC 3

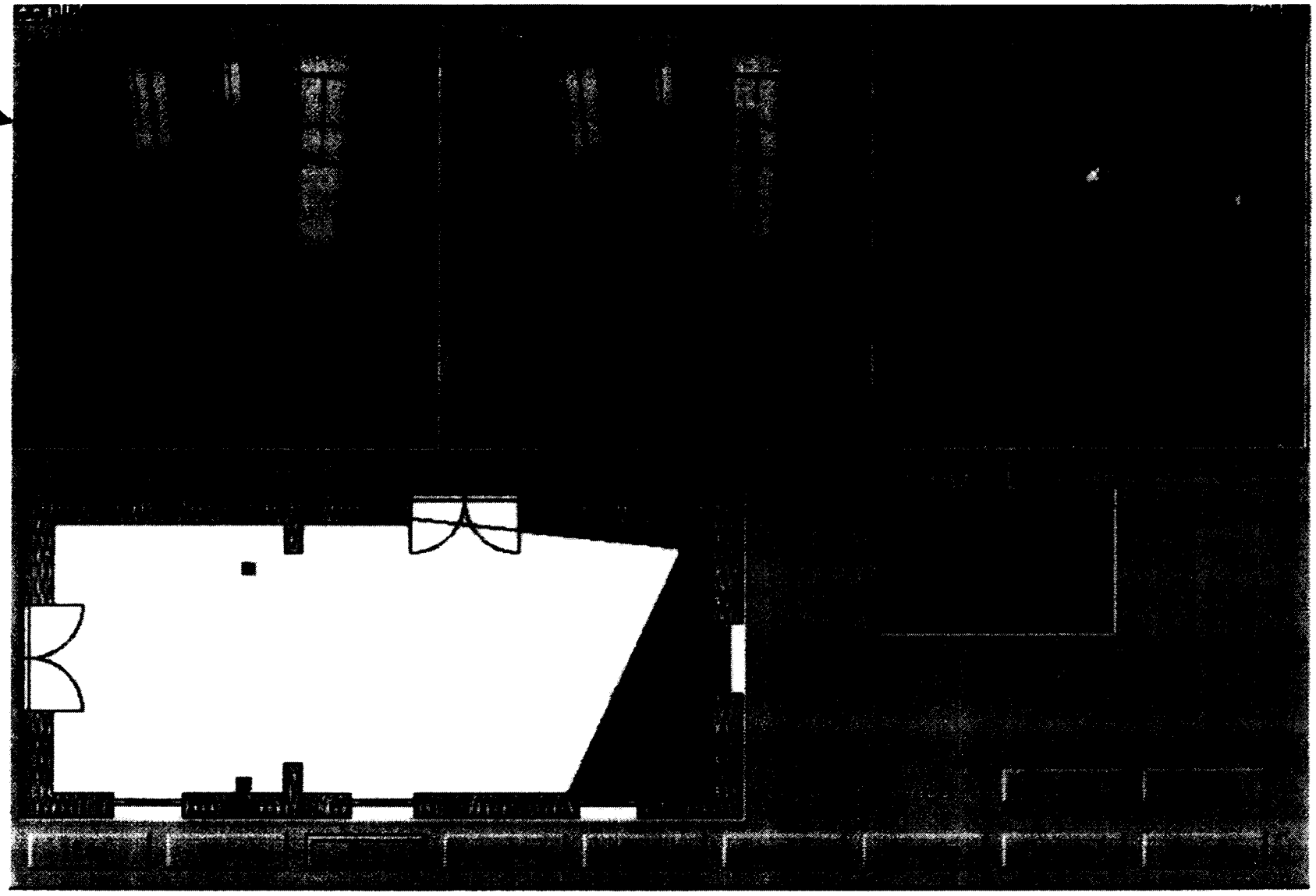
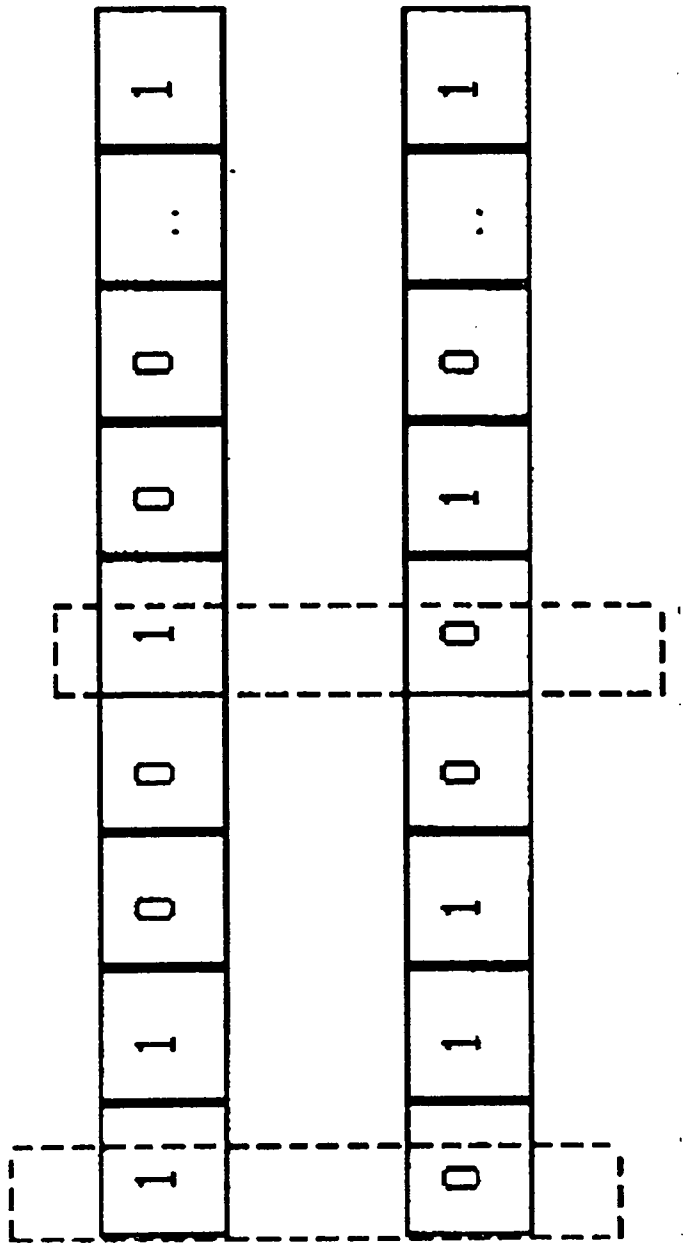


Fig. 2

Ing. Roberto DINI



$C1_{(x,y)}$ $C2_{(x,y)}$

Fig. 3

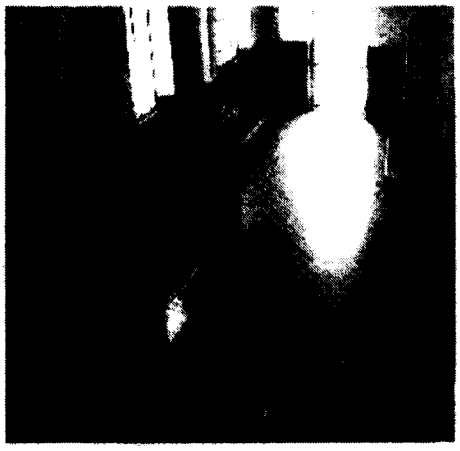
Ing. Roberto Dini

Fig. 4

4a

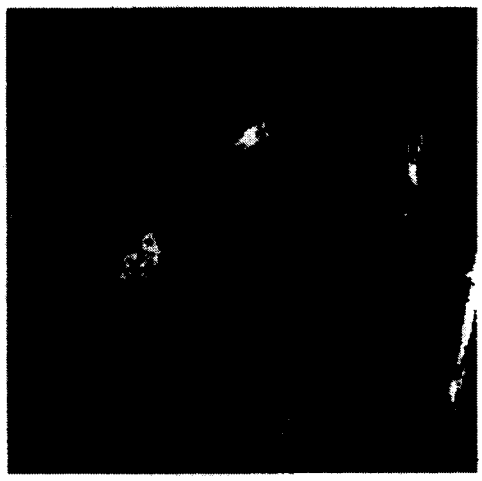


IS



IC

4b



3

4c

Ing. Roberto DINI