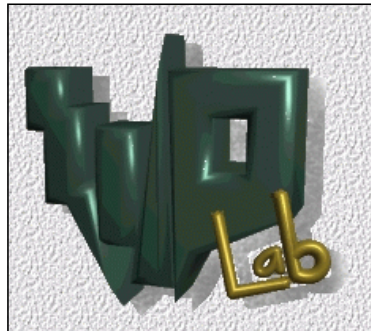


**CONTAPERSONE NON INTRUSIVO PER AUTOBUS  
CON TECNICHE DI COMPUTER VISION**



Visual Information Processing Laboratory  
Dipartimento di Sistemi e Informatica  
Università di Firenze  
Via Santa Marta 3, 50139 Firenze

direttore: Prof. Alberto Del Bimbo

**marzo 1998**

## CONTAPERSONE NON INTRUSIVO PER AUTOBUS CON TECNICHE DI COMPUTER VISION

*Queste pagine documentano i risultati di uno studio volto a valutare in via preliminare caratteristiche e prestazioni di una soluzione basata su tecniche di computer vision per il problema del conteggio dei passeggeri su di un autobus. Lo studio è stato condotto presso il Visual Information Processing Laboratory del Dipartimento di Sistemi e Informatica di Firenze diretto dal Prof. A. Del Bimbo.*

**Introduzione.** La computer vision ha come obiettivo l'interpretazione di scene a partire da immagini riprese da telecamere. La descrizione che si ottiene comprende in genere numero, identità e moto degli oggetti che compongono una scena. L'uso della computer vision per il conteggio automatico dei passeggeri che salgono o scendono da un autobus si pone come alternativo all'uso di tecnologie quali barriere meccaniche o cellule fotoelettriche poste sull'entrata. L'idea è quella di usare una tecnologia che sia poco intrusiva (l'uso di telecamere non richiede particolari modifiche all'ambiente di operazione), robusta (ossia poco sensibile alla variazione di caratteristiche ambientali) e flessibile (consentendo così di cambiare le caratteristiche e le potenzialità del sistema al cambiare dei requisiti).

**Ipotesi di Lavoro.** Il problema viene affrontato nel caso generale in cui si debbano contare non solo i passeggeri entranti, ma anche quelli uscenti. Quest'ultima esigenza si pone quando, oltre al conteggio del numero complessivo dei passeggeri sul mezzo, siano necessarie anche statistiche sul grado di affollamento di ogni singola linea al variare dell'ora del giorno. Nel seguito si supponrà:

1. che si utilizzi una singola telecamera B/N a basso costo posizionata in un vano soprastante l'entrata dell'autobus e puntata verso la pedana di salita;
2. che il sistema di conteggio sia attivato in modo automatico all'apertura delle porte.

Le ipotesi introdotte sono motivate da ragioni di pura convenienza sia logistica che computazionale (in particolare, una vista "in pianta" dei passeggeri in ingresso ha caratteristiche geometriche semplici e più o meno indipendenti dalla tipologia dei passeggeri stessi): rimuoverle non comporterebbe che qualche lieve modifica alla realizzazione del sistema di conteggio.

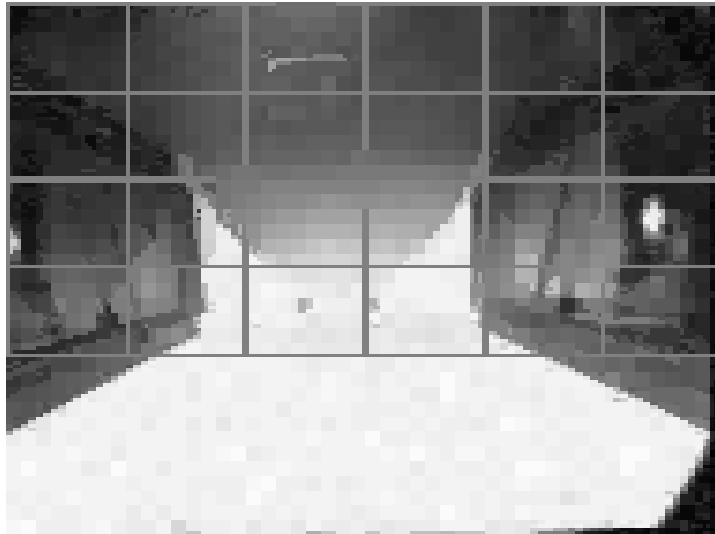


Figura 1: Discretizzazione spaziale della pedana.

**Principio di Funzionamento.** Il meccanismo di conteggio si basa sulla determinazione della traiettoria compiuta dai passeggeri nella porzione della pedana dell'autobus visibile dalla telecamera. In particolare, il verso (entrante, o uscente) di ogni traiettoria permette di decidere se il conteggio debba riferirsi ad un passeggero in salita o in discesa.

Da un punto di vista operativo, si definisce *traiettoria* il percorso definito dall'occupazione di posizioni spaziali contigue in istanti temporali successivi. Nell'approccio utilizzato, lo spazio della pedana è discretizzato in una griglia composta da 15 maglie parzialmente sovrapposte, suddivise in 3 file —  $e$ : “esterno”,  $c$ : “centro”,  $i$ : “interno” — di 5 maglie ciascuna (Fig. 1). Le maglie sono dimensionate in modo che ogni maglia non possa racchiudere più di una persona (a figura piena) alla volta. La parziale sovrapposizione delle maglie favorisce altresì la localizzazione di passeggeri con precisione pari a  $D/24$ , dove  $D$  è l'area complessiva della pedana.

Il tracciamento di ogni traiettoria in un generico istante comprende due fasi distinte:

- a) rivelazione e localizzazione di passeggeri nelle maglie della griglia;
- b) calcolo degli spostamenti di maglia in maglia compiuti dai singoli passeggeri dall'istante di tempo precedente.

Si procede ad incrementare il conteggio per la salita se, per qualche passeggero, si rileva uno spostamento complessivo del tipo  $e \mapsto c \mapsto i$ . Nel caso  $i \mapsto c \mapsto e$  si provvede viceversa a incrementare il conteggio per la discesa.

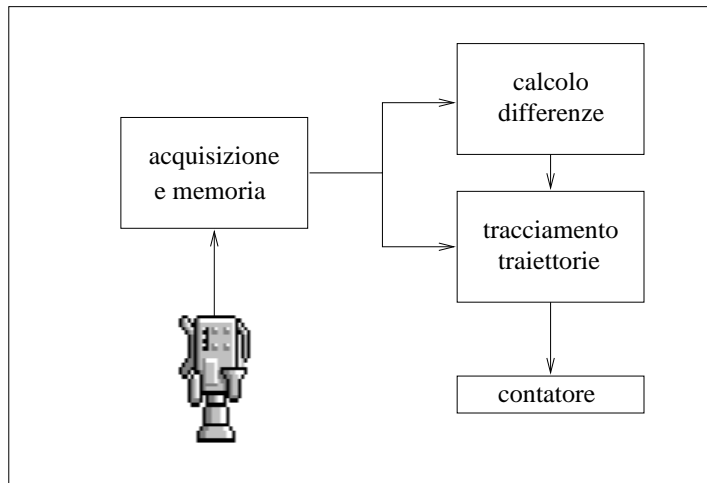


Figura 2: Architettura di sistema.

**Architettura di Sistema.** La Fig. 2 mostra i principali blocchi che compongono il sistema di conteggio. Le immagini vengono acquisite e memorizzate in tempo reale. La memoria video contiene il quadro attuale (tempo  $t$ ) e quello precedente (tempo  $t - 1$ ).

Il blocco **calcolo differenze** misura la media  $AD$  del valore assoluto della differenza pixel per pixel dei livelli di grigio in ciascuna maglia. Il blocco stabilisce poi se, sulla base del superamento locale di una data soglia su  $AD$ , per ciascuna maglia vada ipotizzata la probabile presenza di un passeggero al suo interno oppure no. Il calcolo di differenze di luminosità in due istanti immediatamente successivi riduce l'effetto di generazione di falsi allarmi dovuto a variazioni di luminosità media della scena; tali variazioni sono particolarmente frequenti, sui mezzi pubblici, nelle ore di servizio notturno.

Il blocco **tracciamento traiettorie** opera sulla base delle ipotesi formulate al livello delle singole maglie, e di un insieme di regole che consentono da un lato di correlare nello spazio e nel tempo tali ipotesi e dall'altro di eliminare i conflitti sull'attribuzione delle singole traiettorie. Questo blocco provvede, in sostanza, a stabilire in ogni istante il *numero* di passeggeri attualmente in transito, il *verso* di transito per ciascuno di essi, nonché il valore aggiornato del *conteggio*. La presunta transizione da una maglia all'altra di uno stesso passeggero è convalidata o rigettata attraverso il calcolo della correlazione del contenuto immagine delle due maglie in due istanti di tempo successivi.

Tra le regole che presiedono all'allocazione dei passeggeri alle singole maglie vi è un vincolo di tipo fisico sull'occupazione dello spazio disponibile: *non possono coesistere due diversi passeggeri su due maglie sovrapposte*. La traduzione operativa di questa regola è: *ogni nuovo passeggero, entrante o uscente, deve trovarsi in una maglia corrispondente ad un massimo locale di  $AD$*  (criterio “winner-takes-all”).



Figura 3: Immagine originale (sinistra), immagine  $AD$  (centro), ed estrazione massimo locale (destra).

**Esempi di Funzionamento.** Nel seguito sono riportati esempi del funzionamento del sistema. Le sequenze utilizzate sono tratte da un video B/N girato su un autobus di linea e successivamente digitalizzato in laboratorio.

La Fig. 3 riporta i principali stadi di elaborazione dell'immagine, durante la salita di un passeggero. La figura mostra a sinistra un fotogramma della sequenza (fase di acquisizione), al centro la differenza  $AD$  tra tale fotogramma e il precedente (l'immagine è tanto più chiara quanto più alto è il valore di  $AD$ ), e a destra le maglie della griglia coinvolte nella fase di localizzazione del passeggero (in grigio tutte le maglie candidate a contenerlo, in bianco la maglia prevalente, o "winner").

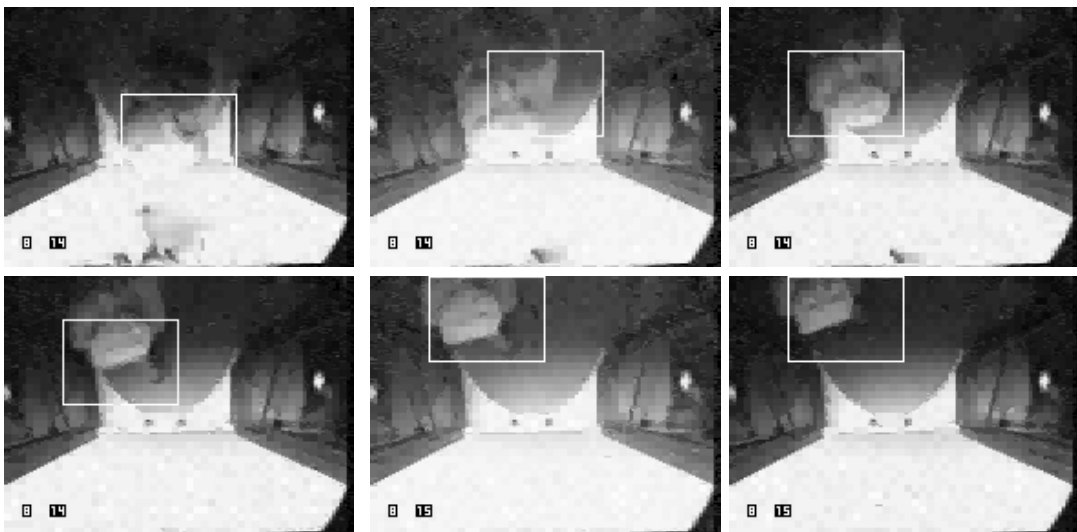


Figura 4: Tracciamento traiettoria e conteggio per un passeggero in salita.

In Fig. 4 vengono riportati i risultati di tracciamento della traiettoria e conteggio per la sequenza di salita di Fig. 3 (il verso di lettura dei sei fotogrammi va da sinistra a destra, e dall'alto in basso). A ciascun fotogramma è sovrapposta la maglia che rappresenta l'attuale localizzazione del passeggero e, in basso a sinistra, i valori del conteggio per i passeggeri in discesa (a sin.) e in salita (a ds.). Dopo essere stato

localizzato nella fila  $e$  (fotogramma 1), il passeggero viene seguito in diverse maglie della fila  $c$  (fotogrammi 2–4), prima di raggiungere la fila  $i$  ed essere quindi contato come entrante a partire dal fotogramma 5.

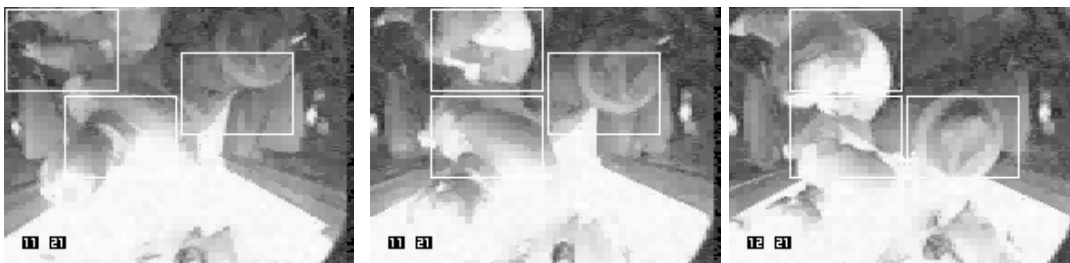


Figura 5: Tracciamento di traiettorie multiple per 3 passeggeri in discesa.

La Fig. 5 mostra il risultato dell'elaborazione per una sequenza con la discesa di tre passeggeri. La sequenza è più complessa della precedente, in quanto contiene sia la discesa in coda di due passeggeri (fotogramma 2), sia l'occupazione simultanea di una fila da parte di due passeggeri (fotogramma 3). Nel fotogramma 1, uno dei passeggeri ha già raggiunto la fila  $e$ , determinando così l'incremento del contatore per la discesa. Il contatore viene nuovamente incrementato nel fotogramma 3, all'arrivo del secondo passeggero in discesa. Si noti che — come ad es. nella fila  $i$  dei fotogrammi 1 e 2 — durante la sua traiettoria, un passeggero può occupare in istanti differenti maglie diverse della stessa fila.

**Conclusioni e Sviluppi Futuri.** Allo stato attuale, il sistema è stato sperimentato solo su sequenze tratte da videocassetta ed analizzate in laboratorio, ed è pertanto prematuro trarre delle conclusioni definitive sulle sue prestazioni.

Tuttavia, sulla base dei risultati ottenuti, si può ragionevolmente affermare che il sistema possa offrire una accuratezza di conteggio “sul campo” tra l'80% ed il 90%, essendo quest'ultima l'accuratezza ottenuta in laboratorio. Per il sistema, le cause di mancata rivelazione (o falso allarme), e quindi di errato conteggio, sono in ordine di importanza: (1) incrocio di traiettorie, (2) code ad elevata densità, (3) presenza di salite e discese simultanee. La variazione delle condizioni di illuminazione, soprattutto se graduale, non sembra costituire un problema per il sistema.

Un punto a favore dell'architettura di sistema è la sua bassa complessità computazionale, che si traduce in un costo di realizzazione certamente contenuto. Si noti infatti che, ogni sottomaglia contribuendo a quattro maglie distinte, la fase  $AD$  — la più laboriosa computazionalmente — può essere ottimizzata combinando per ciascuna maglia le differenze calcolate sulle singole sottomaglie.

Tra gli sviluppi futuri, possono annoverarsi (a) uno studio basato sull'uso di telecamere a colori che, ancorché più costose di quelle B/N, permettono di migliorare l'accuratezza attraverso una migliorata discriminazione di regioni immagine, e (b) la rilevazione da telecamera dell'apertura porte, che consentirebbe al sistema di lavorare in un modo continuo e più autonomo.