

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA E  
DELL'AUTOMAZIONE



**Implementazione di un algoritmo di  
identificazione della persona  
utilizzando frame di profondità**

—

***Implementation of a depth-based human  
identification algorithm***

RELATORE:  
Prof. Ennio Gambi

CORRELATORE:  
Prof.ssa Susanna Spinsante  
Ing. Samuele Gasparrini (?)

TESI DI LAUREA DI:  
Ilario Pierbattista

---

ANNO ACCADEMICO 2014/2015

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
1.1	Human Sensing	3
1.1.1	Human Sensing	3
1.1.2	Stato dell'arte	4
1.2	Panoramica Generale	4
1.2.1	Introduzione al lavoro di Zhu Wong	4
1.2.2	Configurazione dell'Hardware	4
1.2.3	<i>Head and Shoulders Profile</i>	4
1.2.4	Flusso di Lavoro	5
<b>2</b>	<b>Haar-Like Features</b>	<b>6</b>
2.1	Definizione	6
2.1.1	Richiamo: cosa è una feature (caratteristica)	6
2.1.2	Wavelet di Haar	6
2.1.3	Formula di calcolo standard	7
2.1.4	Cosa mette in evidenza la feature di Haar	7
2.1.5	Formula di calcolo invariante ai resize	7
2.1.6	Vantaggi	7
2.2	Immagine Integrale	7
2.2.1	Definizione rigorosa dell'immagine integrale	7
2.2.2	Complessità computazionale generale	8
2.3	Decision Stump	8
2.3.1	Problema: utilizzare le feature	8
2.3.2	Definizione di albero decisionale	8
2.3.3	Definizione di decision stump	8
<b>3</b>	<b>L'Algoritmo di Allenamento: Adaboost</b>	<b>9</b>
3.1	Apprendimento Supervisionato <i>Ensamble</i>	9
3.1.1	Apprendimento Supervisionato	9
3.1.2	<i>Adaptive Boosting</i>	10
3.2	Dataset di Allenamento	10
3.2.1	Categorie di Classificatori	10
3.2.2	Preparazione dei Dataset	10
3.2.3	Preprocessing	10
3.3	<i>Strong Learner</i>	11
3.3.1	Procedura di estrazione del classificatore forte	11

3.4	<i>Weak Learner</i>	11
3.4.1	Procedura di estrazione del classificatore debole	11
3.4.2	Valutazione della complessità computazionale	11
<b>4</b>	<b>Validazione e Regolazione dei Classificatori</b>	<b>12</b>
4.1	Criteri di Valutazione	12
4.2	Dataset di Validazione	12
4.2.1	Criteri di creazione delle registrazioni	12
4.2.2	Altre caratteristiche	12
4.3	Massimizzazione all' <i>Accuracy</i>	12
4.3.1	Parametri liberi del classificatore	12
4.3.2	Algoritmo di ricerca della soglia e del NWL ottimi	12
4.4	Analisi dei Risultati	12
<b>5</b>	<b>Rilevamento</b>	<b>13</b>
5.1	Tecnica di Rilevamento	13
5.1.1	Detection Window	13
5.1.2	Rilevazione su frame	13
5.2	Selezione della Finestra Migliore	13
5.2.1	Introduzione al problema	13
5.2.2	Algoritmo di selezione	13
5.3	Confronto con l'Algoritmo G-C	13
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>14</b>
	<b>Appendici</b>	<b>15</b>
<b>A</b>	<b>Software Sviluppato</b>	<b>16</b>
A.1	Componenti	16
A.1.1	Creatore dei Dataset	16
A.1.2	Allenamento	16
A.1.3	Tuning, Testing, Rilevamento	16
A.2	Tecnologie utilizzate	16
A.2.1	C++ e Matlab	16
A.2.2	Git e Github [Opzionale]	16
A.3	Proposte di miglioramento	16
<b>B</b>	<b>Cenni del funzionamento del sensore Kinect</b>	<b>17</b>

# Capitolo 1

## Introduzione

### 1.1 Human Sensing

#### 1.1.1 Human Sensing

##### 5 Definizione

Definizione enciclopedica di Human Sensing

Dispositivi di acquisizione

Modalità di riconoscimento (?)

Contesti Applicativi

##### 10 People Detection: Sistemi di sorveglianza

People Counting: Indagini di mercato

Rilevamento dei parametri vitali: Search Rescue

People Tracking: Ambienti assistivi

HS e Computer Vision

##### 15 Definizione enciclopedica di computer vision

Sensori di acquisizione *visivi*

### 1.1.2 Stato dell'arte

Pedestrian Detection and Counting

Face Recognition

20 Kinect: a serious game

## 1.2 Panoramica Generale

### 1.2.1 Introduzione al lavoro di Zhu Wong

Elenco delle tecnologie coinvolte

Kinect per l'acquisizione

25 Adaboost per l'allenamento

Affermare la notevole affinità con Viola Jones

### 1.2.2 Configurazione dell'Hardware

Sensore utilizzato

Descrizione sommaria del Kinect

30 Breve esposizione delle caratteristiche tecniche del sensore

Presentazione delle immagini di profondità

Configurazione Top-Down

Esposizione della configurazione hardware

Vantaggi del top-down rispetto al rilevamento frontale

35 1.2.3 *Head and Shoulders Profile*

L'attività di riconoscimento è un'attività di classificazione

Cosa bisogna riconoscere?

Il riconoscimento è un'attività affine alla discriminazione

Definizione di classi di oggetti: classificazione

40 La classificazione si basa sulla misurazione di alcune caratteristiche

Discriminare in base a cosa?

**Le caratteristiche di un oggetto sono la base su cui differenziare un oggetto da un altro**

**Caratteristiche del profilo HASP in linguaggio naturale**

45 **Come si può descrivere un'immagine di profondità?**

**Le tre caratteristiche**

**1.2.4 Flusso di Lavoro**

**Definizione dei moduli funzionali**

**Allenamento**

50 **Rilevamento**

**Allenamento**

**Input: Dataset**

**Adaboost**

**Output: Classificatore**

55 **Rilevamento**

**Input: Frame**

**Algoritmo di rilevamento**

**Output: finestre di rilevamento**

## Capitolo 2

# 60 Haar-Like Features

### 2.1 Definizione

#### 2.1.1 Richiamo: cosa è una feature (caratteristica)

Cosa sono le caratteristiche di un oggetto

Le caratteristiche dipendono da cosa si vuole evidenziare

65 Le caratteristiche dipendono da cosa si ha a disposizione

#### 2.1.2 Wavelet di Haar

Le feature di Haar derivano dalle wavelet di Haar

Definizione informale delle wavelet di Haar

Chi le ha sviluppate

70 Cosa sono (base ortonormale spazio funzionale)

Rappresentazione dei segnali (fourier duale)

Wavelet di Haar e DWT

Utilizzi commerciali DWT (JPEG2000)

Utilizzo delle dwt per il pattern recognition

### 75 2.1.3 Formula di calcolo standard

Rappresentazione visuale

Formula generale

Altri tipi di feature (OpenCv)

Tipi di feature utilizzate

### 80 2.1.4 Cosa mette in evidenza la feature di Haar

Immagini normali (Viola Jones)

Immagini di profondità (Zhu Wong)

### 2.1.5 Formula di calcolo invariante ai resize

Anticipazione del problema del ridimensionamento

### 85 Formula: Normalizzazione sull'area

### 2.1.6 Vantaggi

Differenze di intensità vs Valutazione dei singoli pixel

Differenze di intensità vs Estrazione dei contorni

Estrema efficienza computazionale

## 90 2.2 Immagine Integrale

### 2.2.1 Definizione rigorosa dell'immagine integrale

Problema: efficienza nel calcolo di somme di pixel

Complessità computazionale del calcolo *ignorante*

Soluzione: rendere queste somme subito disponibili

### 95 Definizione immagine integrale

Formula di calcolo della somma dei pixel in un'area

Enunciazione della formula

Dimostrazione della formula

Complessità computazionale del calcolo della feature



### 100 2.2.2 Complessità computazionale generale

Complessità del calcolo dell'immagine integrale

Convenienza del calcolo dell'immagine integrale

## 2.3 Decision Stump

### 2.3.1 Problema: utilizzare le feature

105 È necessario un meccanismo primitivo per utilizzare le feature

Bisogna discriminare in base al valore

### 2.3.2 Definizione di albero decisionale

### 2.3.3 Definizione di decision stump

Radice: Test, funzione booleana

110 Foglie: risultati possibili

Formule di calcolo binaria

Formula di calcolo unica: polarità

## Capitolo 3

# L'Algoritmo di Allenamento: Adaboost

115

### 3.1 Apprendimento Supervisionato *Ensamble*

#### 3.1.1 Apprendimento Supervisionato

Definizione

Obiettivo

120 Spazio delle Ipotesi

Esempi di Supervised learning

Algoritmi di Sup.Learning

Maggiori campi applicativi

Concetti di base

125 Overfitting

Ensamble Learning

### 3.1.2 *Adaptive Boosting*

Algoritmi di Boosting

Aptive: adattabilità

130 Strong learner e Weak learner

## 3.2 Dataset di Allenamento

### 3.2.1 Categorie di Classificatori

Variabilità della forma HASP

Variazione dell'orientazione

135 Variazione derivata dalla distorsione prospettica

Definizione delle categorie di classificatori

Categorie: Verticale e Orizzontale

Categorie alternative: Obliquo, a zone

### 3.2.2 Preparazione dei Dataset

140 Acquisizioni

Soggetti, percorsi

Acquisizione delle registrazioni

Ritaglio dei samples

Trainset Creator

145 3.2.3 Preprocessing

Resize

Nearest Neighbour

Altri algoritmi di resize

Conversione delle distanze

### 150 3.3 *Strong Learner*

3.3.1 Procedura di estrazione del classificatore forte

### 3.4 *Weak Learner*

3.4.1 Procedura di estrazione del classificatore debole

3.4.2 Valutazione della complessità computazionale

## Capitolo 4

# Validazione e Regolazione dei Classificatori

### 4.1 Criteri di Valutazione

### 4.2 Dataset di Validazione

#### 160 4.2.1 Criteri di creazione delle registrazioni

#### 4.2.2 Altre caratteristiche

### 4.3 Massimizzazione all'*Accuracy*

#### 4.3.1 Parametri liberi del classificatore

Numero di weak learner

#### 165 Soglia del classificatore

#### 4.3.2 Algoritmo di ricerca della soglia e del NWL ottimi

### 4.4 Analisi dei Risultati

## Capitolo 5

# Rilevamento

### 170 5.1 Tecnica di Rilevamento

#### 5.1.1 Detection Window

#### 5.1.2 Rilevazione su frame

Resize detection window

Slide detection window

### 175 5.2 Selezione della Finestra Migliore

#### 5.2.1 Introduzione al problema

#### 5.2.2 Algoritmo di selezione

### 5.3 Confronto con l'Algoritmo G-C

## Capitolo 6

# Conclusioni

# Appendici



# Appendice A

## Software Sviluppato

### A.1 Componenti

185 A.1.1 Creatore dei Dataset

A.1.2 Allenamento

A.1.3 Tuning, Testing, Rilevamento

### A.2 Tecnologie utilizzate

A.2.1 C++ e Matlab

190 A.2.2 Git e Github [Opzionale]

### A.3 Proposte di miglioramento

## Appendice B

### Cenni del funzionamento del sensore Kinect

# Bibliografia

- [1] Thomas H Cormen. Introduction to algorithms. 2009.
- [2] Ronald A Fisher. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of eugenics*, 7(2):179–188, 1936.
- [3] Yoav Freund and Robert E Schapire. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of computer and system sciences*, 55(1):119–139, 1997.
- [4] Alfred Haar. Zur theorie der orthogonalen funktionensysteme. *Mathematische Annalen*, 69(3):331–371, 1910.
- [5] Michael Oren, Constantine Papageorgiou, Pawan Sinha, Edgar Osuna, and Tomaso Poggio. Pedestrian detection using wavelet templates. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*, pages 193–199. IEEE, 1997.
- [6] Constantine P Papageorgiou, Michael Oren, and Tomaso Poggio. A general framework for object detection. In *Computer vision, 1998. sixth international conference on*, pages 555–562. IEEE, 1998.
- [7] ITUT Rec. T. 800— iso/iec 15444-1,“. *Information technology—JPEG*, 2000.
- [8] Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach. 1995.
- [9] Paul Viola and Michael J Jones. Robust real-time face detection. *International journal of computer vision*, 57(2):137–154, 2004.
- [10] Lei Zhu and Kin-Hong Wong. Human tracking and counting using the kinect range sensor based on adaboost and kalman filter. *Advances in Visual Computing*, pages 582–591, 2013.