

POLITECNICO DI MILANO
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica
Dipartimento di Elettronica e Informazione



**Studio e implementazione di un OCR
per auto-tele-lettura dei contatori di
gas e acqua**

**AI & R Lab
Laboratorio di Intelligenza
Artificiale e Robotica del
Politecnico di Milano**

Relatore: Ing. Matteo Matteucci

**Tesi di Laurea di:
Fabio Cigliano, matricola 714321**

Anno Accademico 2012-2013

Abstract

La liberalizzazione del mercato energetico richiede un tempestivo e continuo monitoraggio dei consumi energetici per l'ottimizzazione dei costi e l'individuazione di sprechi. Le soluzioni disponibili nei tre diversi settori energetici (acqua, gas ed elettricità) sono molto differenti e difficilmente adattabili per le diverse condizioni degli impianti e le normative vigenti.

Una soluzione proposta al mercato consente l'acquisizione dell'immagine dei contatori di gas e acqua, in modo automatico e ad intervalli di tempo predefiniti. Per completare tale processo di tele-video-lettura si rende necessario l'utilizzo di un software OCR a cui sottoporre le fotografie scattate per l'acquisizione del dato numerico relativo alla lettura del totalizzatore. Una volta analizzate le problematiche connesse, è stato possibile concludere che le diverse soluzioni OCR presenti sul mercato sono difficilmente adottabili. Si è quindi reso necessario sviluppare una soluzione ad hoc che sia in grado di sopperire a tali problematiche.

The liberalization of the energy market requires a timely and continuous monitoring of energy consumption for cost optimization and the identification of the waste. The solutions available in the three different energy sectors (water, gas and electricity) are very different and it's difficult to adapt them to the different conditions of the systems and regulations. In this market, one solution available is that to capture the image of the counters of gas and water meters, in automated and at a predefined time interval. To complete this process of automatic remote reading is necessary to use an OCR software to be applied to the captured images so it can take of the figure relating to the reading of the totalizer. After analyzing the problems associated with those images, it was possible to conclude that the different OCR software available on the market are unlikely to be adopted to get acceptable results. So It was necessary to develop an ad hoc OCR software that is able to overcome of these problems.

Indice

Sommario	1
1 Introduzione	3
1.1 Descrizione del lavoro svolto	8
1.2 Struttura della tesi	11
2 Ambito di lavoro e soluzioni alternative	13
2.1 Sistema di Lettura manuale, Telelettura e Telegestione	13
2.2 Interfaccia con il cliente	16
2.2.1 Fatturazione cartacea	16
2.2.2 Fatturazione elettronica	16
2.2.3 Portale Web e Applicazione per Smartphone	18
2.3 Liberalizzazione del mercato energetico	19
2.3.1 I principali attori del mercato	19
2.4 Energia Elettrica	21
2.4.1 Contatore Elettronico	23
2.4.2 Telelettura	25
2.4.3 Misura dei consumi	26
2.4.4 Power metering	28
2.5 Gas	32
2.5.1 Contatore	34
2.5.2 Telelettura	37
2.5.3 Gas Metering	38
2.5.4 Telegestione	42
2.6 Acqua	45
2.6.1 Telelettura	48
2.7 Software OCR generici	50
2.8 Reti neurali	52

3	Concetti teorici di base	57
3.1	Visione Artificiale	57
3.2	Rappresentazione delle immagini	59
3.2.1	Colorspace RGB	61
3.2.2	Colorspace Grayscale	61
3.2.3	Colorspace CMYK	62
3.2.4	Colorspace BW	63
3.2.5	Istogramma	64
3.3	Algoritmi di Image Processing	65
3.3.1	Edge Detection	66
3.3.2	Filtro Blur	67
3.3.3	Blob Detection	67
3.3.4	Tecnica di sliding window	69
3.4	Distorsione radiale	70
3.5	Machine learning	75
3.5.1	Tipi di machine learning	78
3.6	Artificial Neural Networks	81
3.6.1	Struttura biologica dei neuroni	85
3.6.2	Modello matematico di neurone artificiale	87
3.6.3	Architettura delle reti neurali	91
3.6.4	Esempio di applicazione di una rete neurale	96
3.6.5	Training di reti neurali multi-livello	98
3.7	Realtà Aumentata	107
4	Progetto logico della soluzione software	115
4.1	Analisi del problema	115
4.2	Fasi di elaborazione logica	117
4.2.1	Fase 1 - Image Enhancement	118
4.2.2	Fase 2 - Display Detect	120
4.2.3	Fase 3 - Image Undistort	123
4.2.4	Fase 4 - Digit Separation	125
4.2.5	Fase 5 - Feature Extraction	125
4.2.6	Fase 6 - Digit Recognition	127
5	Architettura del sistema implementato	131
5.1	Identificazione degli strumenti più opportuni	131
5.1.1	OpenCV	133
5.1.2	cvBlob	136
5.1.3	SQLite3	137
5.1.4	Octave	138

5.2	Struttura del codice	140
5.3	Datasource - strutture dati utilizzate	142
5.3.1	Lettura	142
5.3.2	CBlobCandidate	143
5.3.3	TrainingCandidate	143
5.4	Datasource - struttura del database	144
5.4.1	Lettture	145
5.4.2	Step1	145
5.4.3	Step3	146
5.4.4	Step4	146
5.4.5	Configuration	147
5.5	Fasi dell'implementazione software	148
5.5.1	Fase 1 - Data acquisition	148
5.5.2	Fase 2 - Display Detection	154
5.5.3	Fase 3 - Image Undistort	157
5.5.4	Fase 4 - Digit Separation	164
5.5.5	Fase 5 - Digit Recognition	169
5.6	Applicazione per dispositivi basati su iOs	175
5.6.1	Possibilità di integrazione	176
5.6.2	Analisi dell'applicazione implementata	178
6	Realizzazioni sperimentali e valutazione delle prestazioni	187
6.1	Data acquisition	188
6.2	Image Enhancement	190
6.3	Digit Separation	193
6.4	Digit Recognition	195
6.4.1	Descrizione del training set	199
7	Conclusioni e direzioni future dello sviluppo	203
7.1	Possibili sviluppi del progetto	205
	Bibliografia	214