UNIONE EUROPEA
FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE

MINISTERO SVILUPPO ECONOMICO

REGIONE PUGLIA
AREA POLITICHE PER LO SVILUPPO IL LAVORO E L'INNOVAZIONE

PO FESR PUGLIA 2007-2013 – Asse I – Linea di Intervento 1.4. - Azione 1.4.2

"Investiamo nel vostro futuro"

Bando "Supporto alla crescita e sviluppo di PMI specializzate nell'offerta di contenuti e

servizi digitali – Apulian ICT Living Labs SMARTPUGLIA 2020"

SMW

Safe Man Walking, Sistema per l'attraversamento in sicurezza di passaggi pedonali e ciclabili

Codice Pratica: X9AWN97

Deliverable 4 (D4): Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti ai fabbisogni effettivi dell'utenza

Sommario

1 Introduzione 3

2 Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti ai fabbisogni effettivi dell'utenza 4

2.1 Modulo Generazione di energia da fonti rinnovabili 5

2.2 Modulo alimentazione 6

2.3 Modulo sensoristica di rilevamento 8

2.4 Il Modulo Hardware di segnalazione 10

2.5 Modulo Hardware di protezione sensori 16

2.6 Modulo di controllo e di attuazione 19

2.7 Modulo di supervisione e di monitoraggio 25

2.8 Modulo Analisi del Traffico 26

2.9 Modulo di Visione Artificiale 27

1 Introduzione

In linea con le attività di analisi e progettazione svolte nelle fasi precedenti è stata eseguita la sperimentazione e i test del sistema prima per ogni elemento, poi per modulo e infine nella composizione completa. Questo per consentire una ottimizzazione sia dei vari macroblocchi del sistema, utilizzabili singolarmente dagli utenti, che nella loro completa integrazione fornendo tutte le varie funzionalità.

Una volta che il sistema è stato messo a punto in laboratorio si è proseguiti con diverse sperimentazioni sul campo, tutte volte a dimostrare la validità delle scelte fatte. È stato possibile constatare che effettivamente l'introduzione di SMW è in grado di aumentare la sicurezza dei pedoni/ciclisti nelle ore notturne. In particolare si osserva che vi è una maggiore attenzione non solo dell'automobilista che ha modo di vedere meglio quello che accade sull'attraversamento, ma anche del pedone stesso che, anche se distratto, nel momento in cui viene illuminato si concentra su quello che sta facendo impegnando le strisce pedonali con maggiore sicurezza. Il tutto assume ancor maggior valore in particolar modo nelle zone periferiche, dove vi è scarsa o nulla illuminazione pubblica.

Al fine di validare il sistema in tutte le sue peculiarità, grazie al supporto dei quattro comuni coinvolti nel progetto sono state individuate diverse situazioni all'interno del contesto urbano, in zona periferica sia strisce pedonali che piste ciclabili, nei pressi del centro in condizioni di maggiore o minore traffico e soprattutto di scarsa visibilità. I luoghi scelti consentiranno di comprendere l'efficacia del sistema e le eventuali ulteriori ottimizzazioni. Altro elemento importante emerso in questa fase è stata la necessità di migliorare il sistema anche in funzione del processo di installazione al fine di renderla più rapida e meno impattante in termini di lavori stradali da eseguire.

2 Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti ai fabbisogni effettivi dell'utenza

Una volta realizzati, tutti i moduli del sistema sono stati testati prima in laboratorio e poi sono stati integrati e validati sul campo.

2.1 *Modulo Generazione di energia da fonti rinnovabili*

Sono state testate con successo tutte le funzionalità che devono essere garantite da questo modulo all'interno del sistema SMW:

- Alimentazione elettrica del sistema integrato;
- Immagazzinamento di energia solare tramite pannelli fotovoltaici;
- Ricarica degli accumulatori a batteria;
- Monitoraggio del livello di luminosità dell'ambiente;
- Comunicare con l'intero sistema attraverso bus di campo.

I Test effettuati hanno restituito risultati eccellenti in quanto a qualità ed autonomia dell'illuminazione stradale.

Il sistema è in grado di garantire l'illuminazione per ampie fasce temporali, raggiungendo e superando un'autonomia che garantisce l'illuminazione durante le ore notturne.

Ulteriore fattore di efficienza energetica testato, è la presenza della funzionalità crepuscolare, la quale consente l'accensione all'imbrunire e la regolazione in base all'intensità luminosa con relativo spegnimento automatico alle prime luci dell'alba grazie all'apposita progettazione.

È stata testata la sicurezza del funzionamento: qualora ci dovesse esserci un black out elettrico, infatti, sarà ugualmente garantita l'illuminazione, senza alcuna interruzione, grazie alla sua autonomia di funzionamento dalla rete elettrica generale.

Infine, in sinergia con Bautech si è provveduto alla verifica della comunicazione con il bus di campo capace di comunicare con il sistema di gestione e controllo dell'intero sistema.

2.2 *Modulo alimentazione*

In Figura 1 è mostrato il sistema di controllo ed alimentazione realizzato. Su tale sistema prototipale sono stati effettuati tutti test rivolti a validare tutte le scelte progettuali precedentemente descritte. In particolare sull'alimentatore è stato verificato l'assenza di sovraccarichi durante tutte le fasi di funzionamento del sistema e che le batterie fossero in grado di fornire energia al sistema per almeno 4 ore in caso di interruzione di tutte le fonti di alimentazione previste, cosa che l'utilizzo di due batterie da 12Ah in parallelo ha garantito.

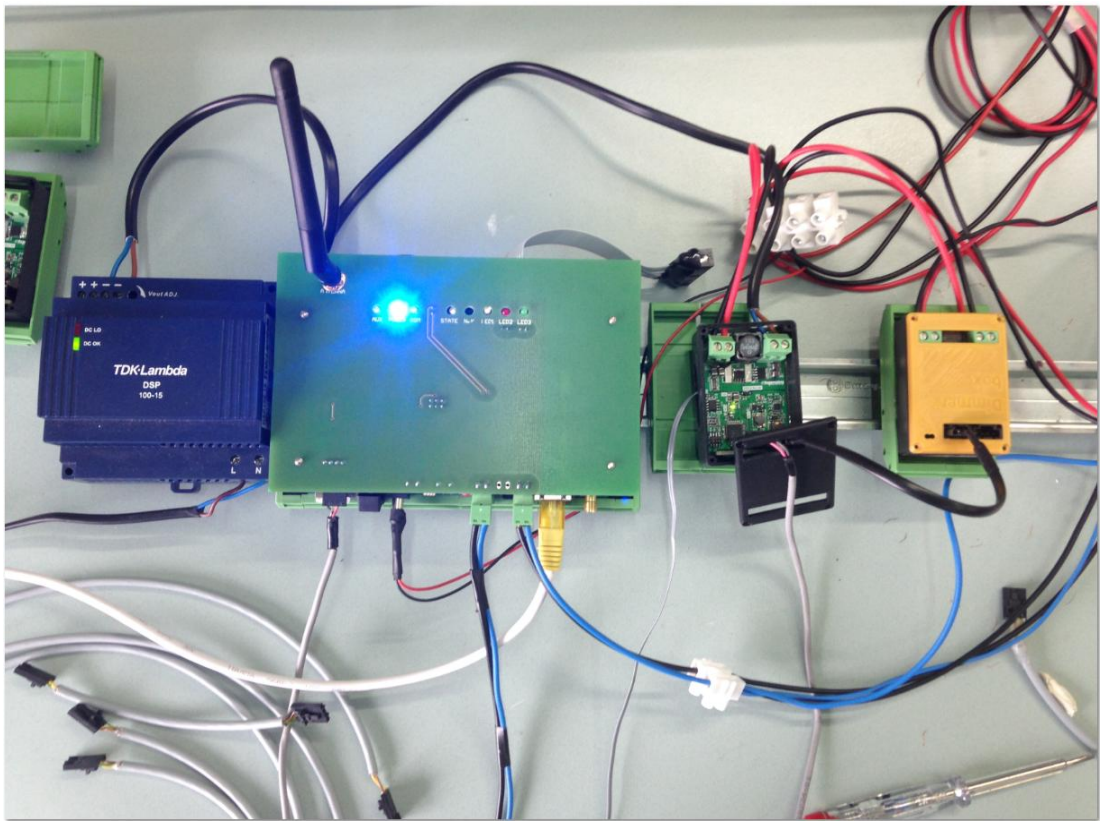

Figura 1: Test dell'alimentazione in laboratorio

Il sistema di alimentazione è stato inserito in un apposito contenitore e testato sul campo validando i risultati ottenuti in laboratorio.

Figura 2: Test dell'alimentazione sul campo

2.3 Modulo sensoristica di rilevamento

Per poter verificare il corretto funzionamento dei sensori scelti si è proceduto all'allestimento di un sistema di test, composto da una coppia di sensori montati su pali mobili (Figura 3).

Figura 3: Test dei sensori ad infrarosso in laboratorio.

Effettuato il collegamento dei due sensori con il bus di alimentazione a 12V e collegate le sonde di test ai contatti del relè posto sul modulo RX, si è proceduto a verificarne il funzionamento posizionandoli a distanze variabili e in diverse condizioni di illuminamento solare.

In queste condizioni, interrompendo il fascio tra di essi, si è verificato il corretto funzionamento del sistema sensori mediante un feedback visivo fornito dal led rosso presente sul modulo RX e verificando l'attivazione del contatto relè mediante multimetro digitale collegato a contatto NO.

Per il test dell'interruttore crepuscolare si sono effettuati vari test di funzionamento verificando la chiusura e l'apertura di relè in corrispondenza della diminuzione di luminosità sotto la soglia fissata attraverso un potenziometro rotativo.

Successivamente si è proceduto all'installazione del sistema di sensori ad infrarossi in corrispondenza di un pista ciclabile, utilizzando dei paletti in metallo forniti di apposito alloggiamento per il fissaggio degli stessi (Figura 4).

Interrompendo il fascio tra trasmettitore e ricevitore, si è verificato il corretto funzionamento dei sensori sia di giorno in condizioni di intenso assolamento che di sera, validando le attività svolte in laboratorio.

Figura 4: Test sul campo dei sensori IR

2.4 *Il Modulo Hardware di segnalazione*

I moduli hardware di segnalazione progettati nell'ambito del progetto SMW, sono stati testati prima in laboratorio e poi sul campo.

In laboratorio sono state validate le scelte progettuali, in particolare si sono osservati gli effettivi consumi e messo a punto il processo di installazione.

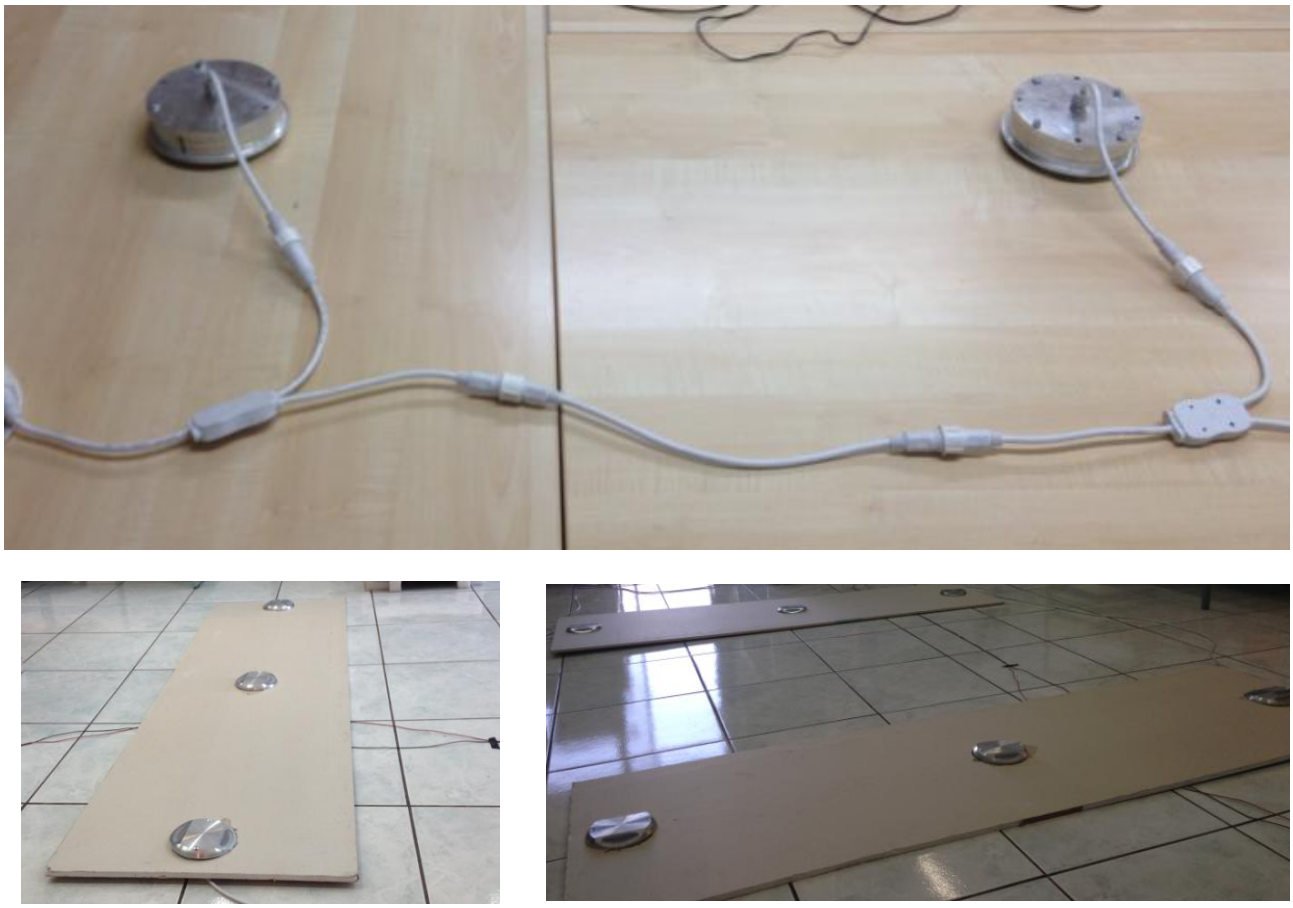

Figura 5 Marker testati in laboratori

Una volta validato il sistema nelle sue principali componenti è stata eseguita la sperimentazione in campo. In particolare si riportano le immagini dell'installazione sulla pista ciclabile su via Casamassima ad angolo via Mantova a Conversano, di seguito il dettaglio del luogo.

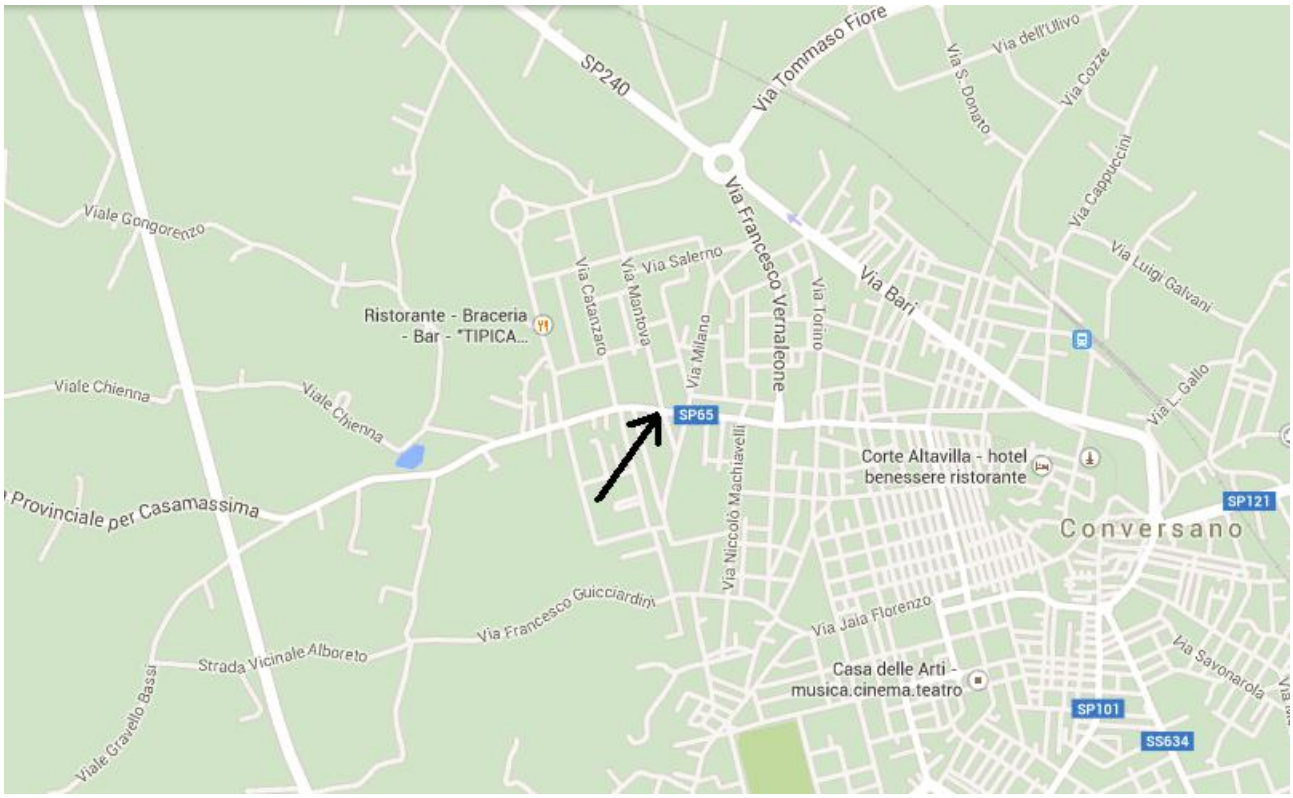

Figura 6 Mappa della sperimentazione

Figura 7 Luogo della sperimentazione

Per quanto concerne l'installazione e la sperimentazione dei marker, sono state eseguite delle tracce di spessore opportuno al fine di consentire il passaggio dei cavi che collegano tutti i marker in parallelo alla centrale. Sarà questa che deciderà quando accendere e per quanto tempo a secondo dell'input che verrà inviato dal sensore di rilevazione. Di seguito alcune immagini esplicative.

Figura 8 Esecuzione delle tracce

Figura 9 Immagini del marker installati

2.5 *Modulo Hardware di protezione sensori*

Il codice IP (International Protection) è una convenzione definita nella norma EN 60529 (recepita dal CEI come norma CEI 70-1) per individuare il grado di protezione degli involucri dei dispositivi elettrici ed elettronici (tensione nominale fino a 72.5 kV) contro la penetrazione di agenti esterni di natura solida o liquida. Al prefisso IP vengono fatte seguire due cifre che indicano rispettivamente:

- *Prima cifra* - protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose:

  IP0X = nessuna protezione contro i corpi solidi esterni;

  IP1X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm e contro l'accesso con il dorso della mano;

  IP2X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12mm e contro l'accesso con un dito;

  IP3X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5mm e contro l'accesso con un attrezzo;

  IP4X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1mm e contro l'accesso con un filo;

  IP5X = involucro protetto contro la polvere (e contro l'accesso con un filo);

  IP6X = involucro totalmente protetto contro la polvere (e contro l'accesso con un filo).

- *Seconda cifra* - protezione contro la penetrazione dei liquidi:

  IPX0 = nessuna protezione;

  IPX1 = involucro protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua;

IPX2 = involucro protetto contro la caduta di gocce con inclinazione inferiore a 15°;

IPX3 = involucro protetto contro la pioggia;

IPX4 = involucro protetto contro gli spruzzi d'acqua;

IPX5 = involucro protetto contro i getti d'acqua;

IPX6 = involucro protetto contro le ondate;

IPX7 = involucro protetto contro gli effetti dell'immersione;

IPX8 = involucro protetto contro gli effetti della sommersione.

A seguito della definizione delle esigenze di progetto tramite i processi definiti nei precedenti report, si è provveduto a testare l'hardware di protezione al fine di verificare che effettivamente corrispondesse al grado di protezione richiesto.

In particolare:

- Involucro protetto contro polvere (e contro l'accesso con un filo) e getti d'acqua (IP55) per gli armadietti stradali;
- Involucro totalmente protetto contro la polvere (e contro l'accesso con un filo) e getti d'acqua (IP65) per le cassette utilizzate per la protezione dell'elettronica relativa al modulo analisi del traffico;
- Involucro protetto contro polvere (e contro l'accesso con un filo) e getti d'acqua (IP55) per lo chassis di protezione della telecamera;

Di seguito l'immagine del modulo realizzato.

Figura 10 Immagini del modulo hardware di protezione sensori

2.6 *Modulo di controllo e di attuazione*

Prima di effettuare le operazioni di sperimentazione sul campo, si deve effettuare il montaggio di tutte le tipologie di schede che compongono il sistema da assemblare e testarli in laboratorio. Le schede del modulo di controllo e attuazione sono visualizzate nelle figure che seguono.

Figura 11: Centrale Completa

Figura 12: Dimmer LED e Battery Charger

Terminata la fase di montaggio, si è proceduto all'assemblaggio del sistema con l'inserimento delle schede in un supporto a guida DIN per il montaggio delle stesse in un scatola predisposta a questo utilizzo.

Sono state inserite e collegate le batterie, i sensori ad infrarosso, il sensore di luminosità ed è stata collegata al Dimmer la Junction Box che alimenta la catena di marker (Figura 13).

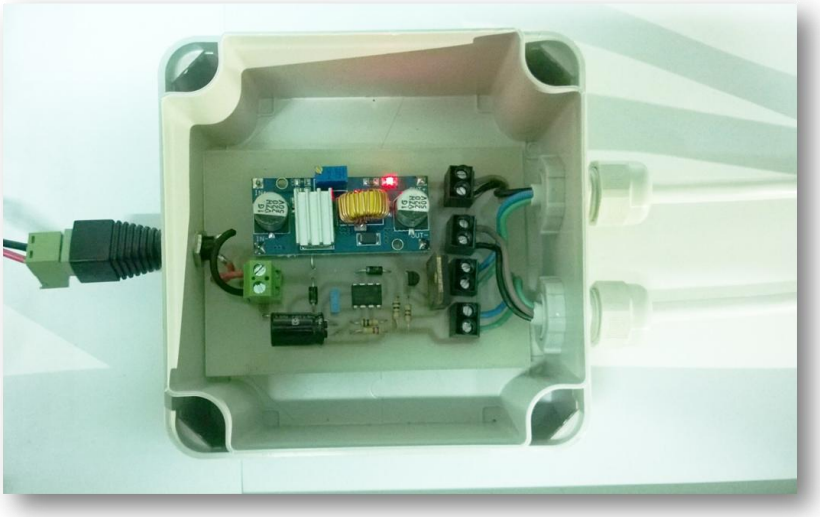

Figura 13: Junction Box

Dopo aver assemblato il sistema completo, si è proceduto al test in laboratorio di quest'ultimo.

Simulando le condizioni al contorno di un attraversamento pedonale in laboratorio, il sistema è stato testato più volte inserendo il sistema di sensori ad infrarossi in corrispondenza di varchi interessati dal passaggio di più persone permettendo la valutazione e la verifica delle tempistiche di intervento di ogni modulo del sistema.

Si proceduto inoltre a migliore le prestazioni a livello firmware della trasmissione su seriale 485 in modo da ottimizzare la velocità della comunicazione tra i moduli interessati in modo da evitare il propagarsi di ritardi attuativi.

Nelle figure seguenti è mostrato il sistema di test completo utilizzato in laboratorio:

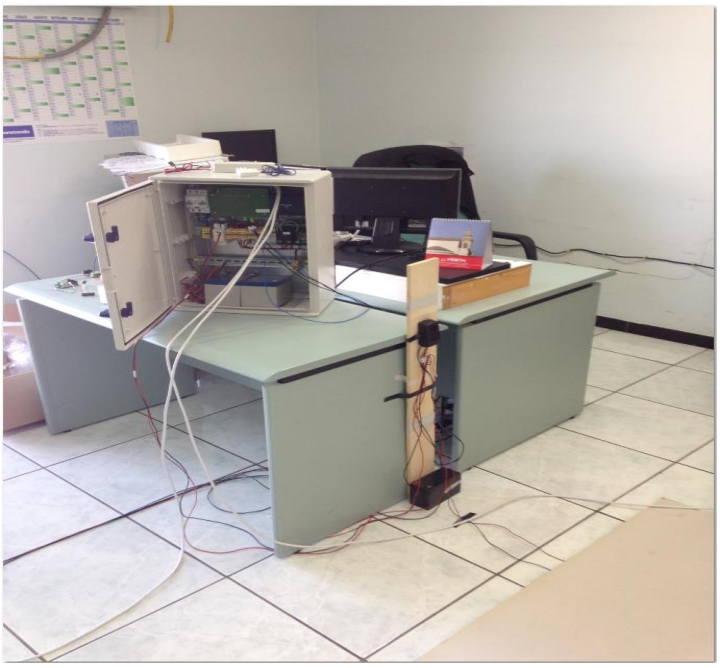

Figura 14: Test in laboratorio dell'elettronica

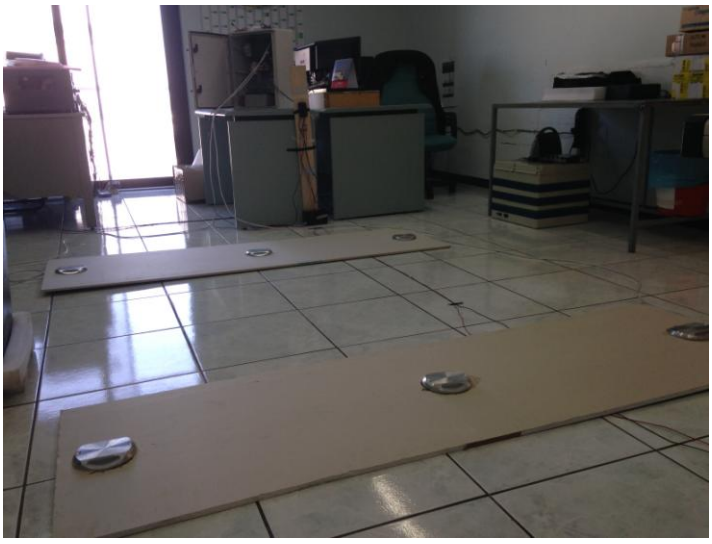

Figura 15: Test del funzionamento dei marker led

(a) (b)

Figura 16: Test in laboratorio di Marker e sensori

Una volta ottimizzato il sistema in laboratorio si è proceduti con la messa a punto sul campo.

Figura 17: Centrale di comando e controllo installata sul campo.

2.7 Modulo di supervisione e di monitoraggio

Per garantire il corretto funzionamento delle funzionalità descritte nei precedenti report, queste sono state costantemente testate sia in locale, con connessione diretta e quindi, dopo opportune modifiche e revisioni, sui sistemi installati in campo attraverso connessione internet, riportando esito positivo per entrambi i moduli di controllo e attuazione (Ingel) e di analisi statistica del traffico (LPT).

Per quanto riguarda la connessione al modulo di analisi statistica del traffico e quindi al PC embedded è stata testata la connessione VPN riportando esiti positivi; conseguentemente a questo è stata testata la funzionalità di connessione al database su tale postazione remota confermando l'esito: la postazione di supervisione riesce a prelevare correttamente le informazioni di proprio interesse e queste risultano coerenti con quelle residenti sul PC embedded.

Anche per il modulo di controllo e attuazione sono stati effettuati dei test sul campo finalizzati a verificare la connessione al server FTP e la capacità di accesso ai file ivi contenuti.

Sulla postazione server (Supervisione Bautech) inoltre è stato correttamente installato il software e configurato come servizio di windows ed attivato per scongiurare il rischio di perdita di dati con tutte le problematiche ad esso correlate.

Occorre precisare in tal senso che è stato sviluppato un software opportuno al fine di garantire l'integrità dei dati recuperati da remoto a seguito di disconnessione forzata (spegnimento o guasto sulla linea). Questo software è stato testato inserendo più file con data antecedente a quella dello svolgimento delle prove e verificando, attraverso l'utility di DB Manager, che fossero correttamente riportati nel database e disposti nel giusto ordine cronologico.

Analogamente la funzione di verifica di integrità del dato, utile a scongiurare il crash dell'applicazione o la cattiva interpretazione del dato in caso di errore di scrittura, è stata testata inserendo all'interno del file di log delle righe incomplete che sono state correttamente scartate.

2.8 *Modulo Analisi del Traffico*

Sono stati effettuati, sul modulo di calcolo dell'indice di pericolo dell'attraversamento, test di comunicazione con il modulo di supervisione di monitoraggio e controllo e con i database nei quali il modulo di visione artificiale archivia i dati utili al fine del calcolo dell'indice descritto nei report precedenti.

A tal fine sono stati effettuati test d'unità.

Il test d'unità è una metodologia che permette di verificare il corretto funzionamento di singole unità di codice in determinate condizioni.

L'esecuzione dei test di unità è necessaria per assicurarsi che la singola unità di sviluppo assolva le sue funzioni seguendo i requisiti. Questo è uno dei più importanti passaggi per poter avere un prodotto finale di buona qualità grazie ad un processo rapido di integrazione del software.

In particolare, sono stati progettati Test Case per testare la comunicazione con le tabelle in cui vengono archiviati i dati di interesse e la generazione del livello di pericolosità in modo corretto.

2.9 *Modulo di Visione Artificiale*

L'inizializzazione ed il setting delle diverse componenti facenti parte del processo di detection sono state fasi di cruciale importanza al fine di testare l'applicazione acquisendo ed impostando tutti i parametri di lavoro per l'avvio della stessa.

Configurazione telecamera: Vengono acquisiti ed impostati i parametri di funzionamento della telecamera in relazione alla sessione di lavoro, quali:

- *Identificativo della telecamera;*
- *Risoluzione*: altezza e larghezza in pixel del frame da acquisire;
- *Tempo di esposizione della telecamera*: il tempo durante il quale l'otturatore della telecamera rimane aperto per permettere alla luce di raggiungere il sensore. In combinazione col diaframma, il tempo di esposizione regola la giusta quantità di luce per ottenere una immagine ben esposta;
- *Image Buffer*: numero di frame da riservare al buffer intermedio che rappresenta un'area di memorizzazione temporanea dalla quale il modulo di processing preleva le immagini da processare: esso permette di immagazzinare temporaneamente i frame nel caso in cui la velocità di acquisizione è superiore alla velocità di processing, ovvero in presenza di picchi di carico computazionale, impedendo la perdita di frame;
- *Thread Priorities*: priorità da assegnare ai thread di acquisizione e processing;
- *Tab Label*: label testuale da assegnare alla telecamera;

Nell'immagine seguente si riporta l'interfaccia di configurazione della telecamera:

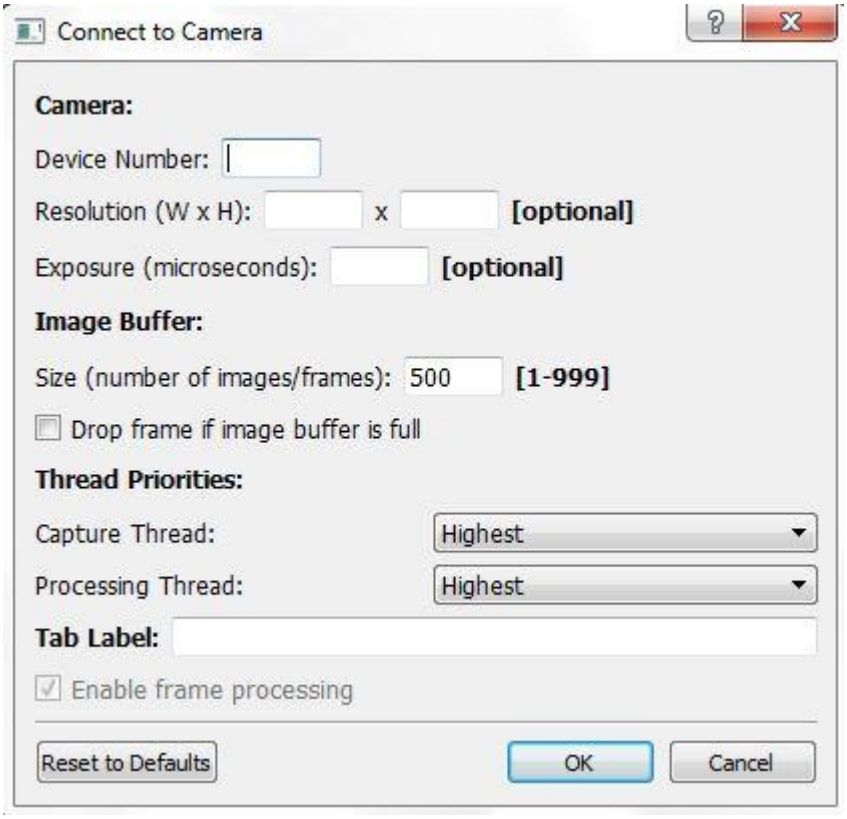

Figura 18: Interfaccia di configurazione della telecamera

Configurazione di Sistema: vengono acquisiti ed impostati i parametri di sistema per la sessione di lavoro, quali:

- File: **usersettings.yml**

  resWidth e *resHeight (pixel)*: tali parametri permettono di ridimensionare via software il frame acquisito tramite la telecamera ;

  triggerTime(secondi): finestra temporale impostata dall' utente, ovvero timeout di aggiornamento del database;

- File: **BlobTracking.xml**

roiX roiY roiWidth roiHeight: parametri utili ad individuare una regione di interesse all' interno del frame sul quale effettuare il processing;

minWidth, maxWidth minHeight maxHeight minArea maxArea: parametri utili a definire una descrizione geometrica della sagoma in movimento da individuare e tracciare all' interno del flusso video ;

colReduction colValue rowReduction rowValue: tali parametri permettono la soppressione sia delle porzioni di immagine che erroneamente vengono individuate come sagome, sia delle ombre delle sagome, valutandone la loro estensione in termini di larghezza e altezza in termini di pixel all' interno del frame analizzato. Permette di affrontare la problematica di over-segmentation.

- File: **PedestrianCounting.xml, VehicleCounting.xml**

  PixPerMeter: identifica il rapporto pixel per metro, parametro utile al calcolo della velocità degli automezzi in transito;

  PixPerShape: identifica il rapporto pixel per sagoma, ovvero l'occupazione in termini di pixel della singola sagoma da individuare e tracciare (singolo pedone o singolo autoveicolo); parametro utile alla risoluzione della problematica di under-segmentation.

  minActiveFrame maxActiveFrame: parametri che identificano la permanenza minima e massima della sagoma in termini di frame all' interno del flusso video; tali parametri agevolano il conteggio e la determinazione del verso di percorrenza di pedoni ed autoveicoli, nonché la velocità degli autoveicoli.

- File: **PreProcessor.xml**

  Alpha history varThreshold shadowDetection: parametri utili alla configurazione dell'algoritmo Mixture Of Gaussian V2 che effettua la background substraction;

  equalizeHist gaussianBlur contrastAndBright alpha beta: parametri utili alla fase di preprocessing dell' imagine, che ne permettono l' equalizzazione, il blur e la modifica in termini di luminosità e contrasto.

Di seguito si riporta l'interfaccia utente:

Figura 19: Interfaccia utente

L' interfaccia utente è composta da un'area per la visualizzazione in real-time del flusso video acquisito dalla telecamera e da un' area sottostante per la visualizzazione dei diversi valori relativi al processing in atto, in particolare:

- Risoluzione di acquisizione
- Frequenza di cattura dei fotogrammi del flusso video
- Frequenza di processing dei fotogrammi del flusso video
- Regione di interesse del processing
- Percentuale di riempimento del Buffer Intermedio utilizzato per la memorizzazione temporanea dei frame acquisiti e non ancora processati
- Dati statistici riguardanti l'attraversamento pedonale, aggiornati ad ogni finestra temporale impostata dall' utente

Sulla base delle specifiche tecniche definite nel Progetto Esecutivo di Sperimentazione, è stato eseguito un piano di test finalizzato a:

- intergrazione dell' hardware di sistema;
- integrazione del Sistema di Visione Artificiale con i moduli interconnessi facenti parte della restante parte dell' architettura di sistema (a tal fine si sono tenute in considerazione le modalità di interfacciamento dei singoli moduli e sono stati utilizzati protocolli di comunicazione comuni);
- Valutazione ed analisi delle performance utili alla taratura del sistema.

Per consolidare le scelte progettuali, è stato messo a punto un setup di test finalizzato al dimensionamento ed alla integrazione delle componenti del sistema.

Il piano di test è stato allestito in maniera tale da simulare tutte le condizioni operative previste dall' installazione del sistema finale su campo, con particolare riferimento alle performance di processing, alle distanze ed ai tempi operativi di funzionamento ed alle condizioni ambientali.

Con tale strumentazione inoltre, sono state effettuate tarature e simulazioni del caso studio in esame al fine di valutare con precisione le caratteristiche tecniche minime di cui dotare il sistema di visione da realizzare, utili ad ottenere performance ottimali sia degli algoritmi di visione implementati, sia del sistema nel suo complesso.

E' stata infine testata la comunicazione tra il modulo di visione artificiale ed il database nel quale vengono archiviati i dati utili al calcolo dell'indice di pericolosità dell'attraversamento pedonale.