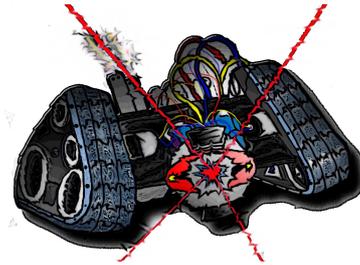


# MyzharBot

Piattaforma robotica cingolata per lo studio di algoritmi di navigazione autonoma basati su Visione 3D



**Autore**

Walter Lucetti



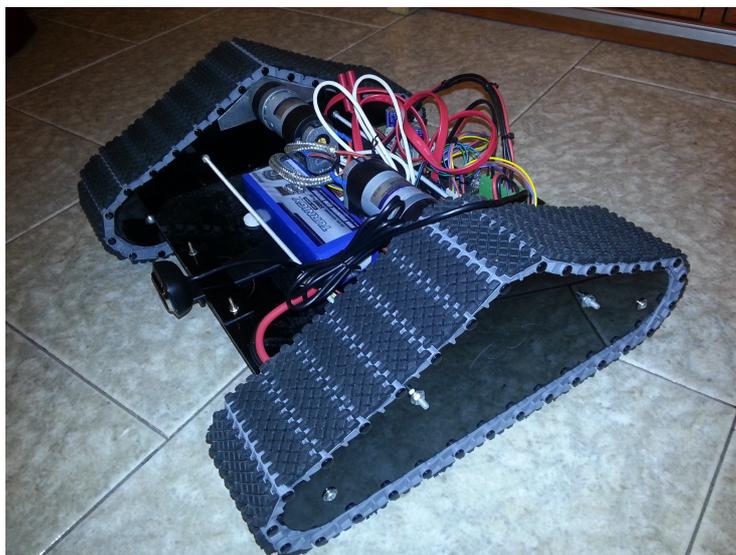
## Indice generale

MyzharBot – Breve Descrizione.....	3
Scenari applicativi.....	4
Domotica.....	4
Agricoltura.....	5
Sicurezza.....	5
Sport.....	5
Principi di funzionamento.....	5
Genesi del progetto MyzharBot.....	9
Nasce l'idea.....	9
La nascita del Team grazie al web.....	9
La collaborazione con Officine Robotiche.....	11
MyzharBot oggi.....	13
Meccanica.....	13
Elettronica di Controllo .....	14
Software di Controllo .....	16
Possibili evoluzioni del progetto.....	19
Adeguamento meccanico rapido.....	19
Nuovo progetto del telaio per esterni.....	19
Sistema di acquisizione 3D per esterni.....	19
Miglioramento del sito internet.....	20
Team di Sviluppo.....	22

## MyzharBot – Breve Descrizione

MyzharBot è una piattaforma robotica cingolata creata per lo studio e lo sviluppo di algoritmi di navigazione autonoma basati sulla fusione di dati sensoriali inerziali, odometrici e dati visivi (2D e/o 3D). Si tratta di un progetto di ricerca robotica autonomo, svincolato dagli ambiti di ricerca tipici dell'università e dei centri di ricerca finanziati da progetti europei.

Il progetto MyzharBot nasce nel lontano 2005 con l'idea di costruire una piattaforma robotica terrestre "intelligente", in grado cioè di eseguire in modo autonomo delle operazioni programmate da un operatore mobile e di condividere ogni sua fase realizzativa con tutti gli appassionati di robotica, professionisti e amatori, tramite il web.



*Figura 1: MyzharBot agli albori*

MyzharBot è un progetto totalmente Open Hardware e Open Source, sul sito web del progetto sono disponibili tutti i disegni meccanici, gli schemi elettrici e il codice sorgente del software realizzato durante l'evoluzione del progetto. L'idea principale del progetto MyzharBot è sempre stata quella di condividere in toto l'esperienza della creazione da zero di un robot, illustrando i problemi che si possono incontrare e le loro possibili soluzioni, arricchendo ogni informazione con la passione per la robotica che da sempre caratterizza il suo creatore.

MyzharBot è nato come progetto totalmente autofinanziato, la robotica però ha dei costi molto elevati soprattutto se si vuole mantenere il passo dell'evoluzione tecnologica. Per affrontare alcuni importanti costi relativi all'acquisto di nuovi sensori e nuove schede elettroniche avanzate, sono state presentate tre campagne di finanziamento su tre piattaforme di Crowdfunding: Indiegogo, Technofunding e l'italiana TakeOff. Grazie a queste tre campagne MyzharBot ha avuto degli importanti avanzamenti tecnologici che lo hanno portato alla sua configurazione attuale.

## **Scenari applicativi**

Il progetto MyzharBot nella sua struttura meccanica corrente non ha un'applicazione pratica definita, ma la configurazione software finale gli fornisce una duttilità molto elevata.

Come detto lo scopo di MyzharBot è quello di studiare algoritmi di navigazione autonoma basati sulla fusione di dati inerziali, odometria e visione 3D.

Le potenzialità di una piattaforma robotica dotata di tali capacità sono innumerevoli:

- **navigazione autonoma:** un robot che può muoversi autonomamente è in grado di riconoscere gli ostacoli sul suo percorso e di adattare il proprio comportamento alle evoluzioni dell'ambiente in cui sta operando. Ciò gli permette di agire in ambienti molto dinamici, quali ad esempio sale popolate da molte persone (musei, conferenze, marciapiedi), zone pericolose per l'uomo (zone alluvionate, edifici crollati a causa di terremoti, zone contaminate da radiazioni o agenti batterici), campi sportivi (tennis, golf, baseball)
- **fusione di dati sensoriali inerziali, odometrici e visivi:** un robot capace di fondere questo tipo di informazioni ha cognizione istantanea del proprio stato e dell'ambiente che lo circonda. I dati inerziali gli forniscono informazioni sul suo assetto (inclinazione, rotazione) e sulle accelerazioni e velocità dei suoi movimenti. I dati odometrici permettono di valutare di quanto hanno ruotato i cingoli e trasformare questa informazione in "quantità di movimento". La visione 3D gli permette di riconoscere gli ostacoli che possono impedire il regolare svoglimento dell'attività del robot e di misurare le distanze da essi. I tre dati messi insieme realizzano quella che è nota in letteratura come **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)**, cioè la "coscienza" simultanea di dove il robot si trova all'interno di una mappa dell'ambiente costruita istante per istante mentre il robot si trova ad agire in esso.

Adeguando la struttura meccanica all'applicazione finale, il software così realizzato è in grado di controllare il robot in ogni tipologia ambientale.

Come esempio si forniscono quattro possibili scenari di utilizzo, ma le applicazioni reali sono infinite, l'unico limite è la fantasia del progettista:

## **Domotica**

Oggi è aumentata la diffusione di robot autonomi che svolgono semplici lavori domestici di pulizia dei pavimenti. Alcuni di questi robot sono dotati di una limitata funzionalità cognitiva che gli permette di capire a grandi linee dove si trovano e di migliorare in questo modo la loro funzionalità.

La pulizia non è però l'unica applicazione domotica possibile, un robot dotato di telecamera ad "altezza uomo" e di uno schermo LCD può svolgere applicazioni di telepresenza. Un operatore remoto (un figlio che studia all'estero ad esempio) può parlare con un interlocutore locale come se fosse a lui vicino. Il robot riconosce la faccia dell'operatore locale e si muove in modo autonomo nei locali domestici inseguendo i suoi movimenti durante lo svoglimento di normali operazioni quotidiane.

Un robot domestico autonomo può inoltre essere in grado di riconoscere i comandi vocali di un operatore disabile e svolgere operazioni a lui non permesse (andare ad aprire la porta per permettere l'ingresso di un visitatore, andare a prendere il giornale in un'altra stanza, come una bibita in

frigorifero).

## Agricoltura

L'agricoltura è uno dei settori in cui la robotica sta prendendo campo, soprattutto all'estero. Un robot dotato di cognizione e dell'opportuna meccanica può seguire i filari ed effettuare la raccolta dei frutti, riconoscendo i prodotti maturi da quelli ancora acerbi grazie a sofisticati algoritmi di visione artificiale.

Operazioni pesanti quali la raccolta di tuberi possono essere eseguite da un robot autonomo intelligente in grado non solo di dissotterrare il raccolto, ma anche di localizzarne la posizione ed effettuarne automaticamente lo stoccaggio.

## Sicurezza

Uno o più robot autonomi coordinati, dotati di capacità cognitive possono effettuare operazioni di sorveglianza di un perimetro individuando eventuali intrusioni e identificando il tipo di intrusore grazie al sistema di visione 3D.

## Sport

Un nuovo campo di applicazione di una piattaforma robotica autonoma può essere quello sportivo. Uno o più robot possono essere dotati di meccanica apposita ed essere utilizzati nelle comuni operazioni di manutenzione di un campo da gioco in erba, quali il taglio del prato e la successiva rigatura in gesso.

Un'applicazione innovativa può essere implementata sui campi da tennis, baseball e golf per le fasi di allenamento. Il robot può riconoscere le palle sparse per il terreno di gioco, pianificarne la raccolta e riportarle nella zona di utilizzo dell'atleta.

Tutte queste operazioni, ritenute "banali" e spesso "scontate" per l'uomo, sottintendono l'utilizzo contemporaneo di capacità percettive che in un robot non è facile coordinare.

MyzharBot è nato per studiare questa tipologia di capacità cognitive e di metterle insieme in modo che siano facilmente adattabili, modificando appositi parametri, a diverse tipologie meccaniche studiate per applicazioni pratiche differenti.

## **Principi di funzionamento**

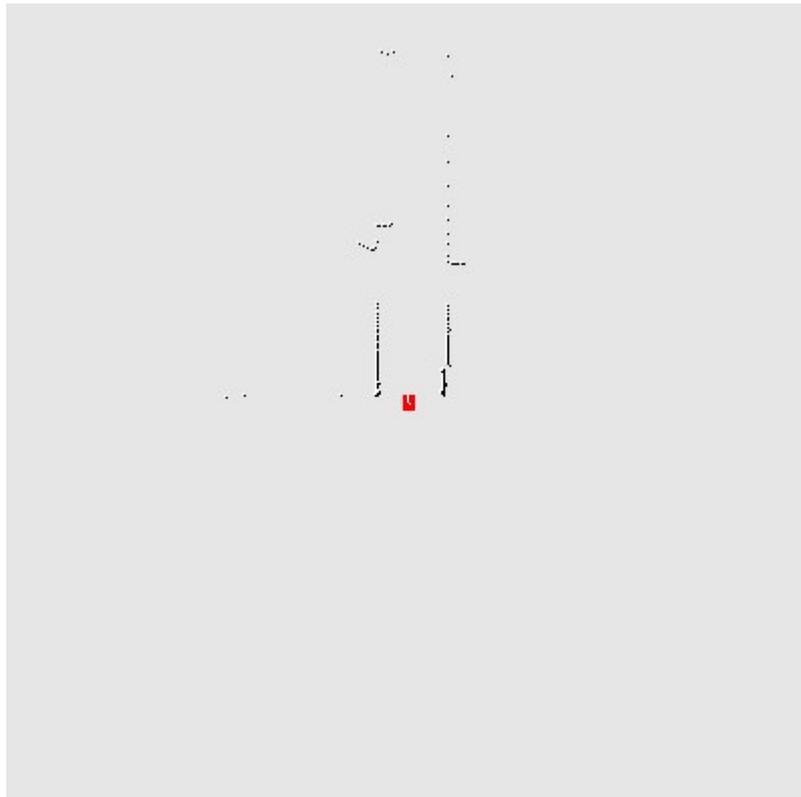
Per capire meglio lo scopo del progetto MyzharBot e di come può essere applicato agli scenari applicativi precedentemente illustrati, viene di seguito presentato un esempio di pratico di esecuzione dell'algoritmo **SLAM**, **S**imultaneous **L**ocalization and **M**apping, l'algoritmo software principale studiato tramite il progetto.

Supponiamo di prendere il robot "pulito", programmato per eseguire l'algoritmo SLAM in modo totalmente automatico. Introduciamo il robot in un edificio di cui non si conosce assolutamente nulla, con lo scopo di esplorarlo e di ricavarne il maggior numero di informazioni possibili.

La situazione iniziale può essere riassunta da una semplice frase: una mappa vuota da popolare.

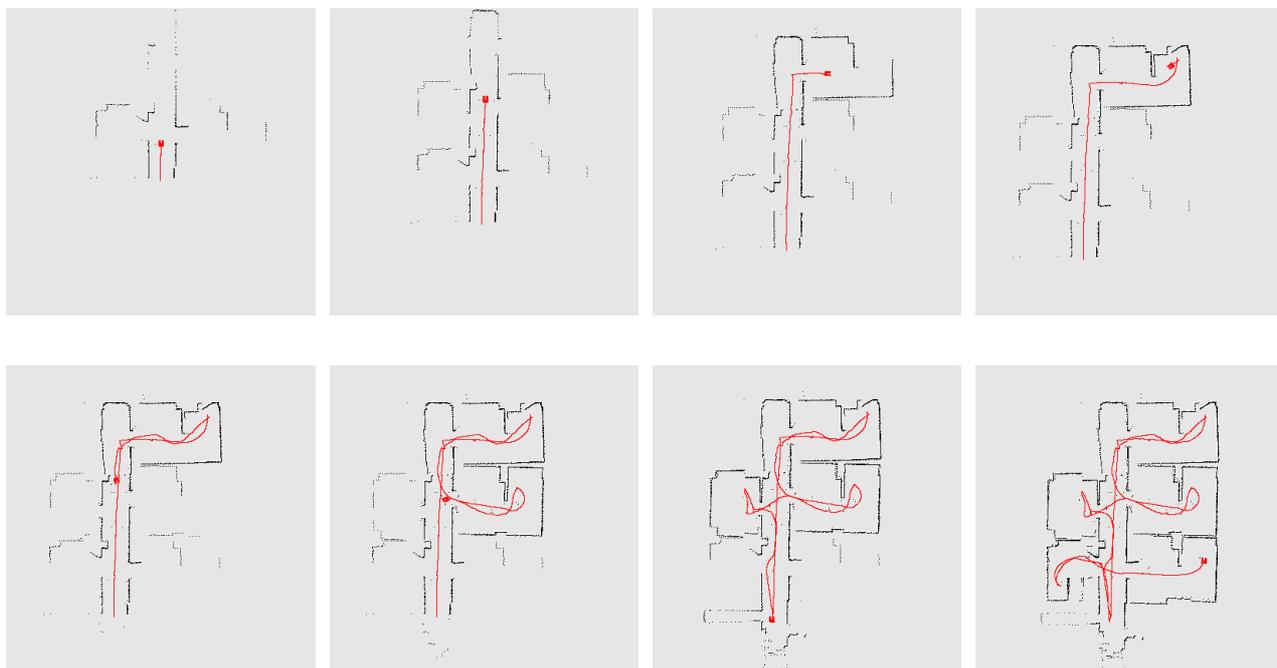
Il robot, monitorato dall'esterno dell'edificio da un'operatore remoto grazie ad un apposito software, inizia a "girovagare" per l'ambiente nuovo in cui si trova e inizia ad acquisire dati. Per semplicità supponiamo che il robot è dotato di una telecamera con cui trasmette le immagini all'esterno e di uno scanner laser 2D.

Ogni volta che il software del robot legge i dati provenienti dal sensore laser ottiene delle informazioni sulla distanza dagli oggetti che lo circondano e costruisce quella che si definisce "mappa locale", cioè una mappa istantanea dell'ambiente relativa alla posizione istantanea, simile a quella illustrata nella figura seguente.



*Figura 2: una singola scansione laser 2D. Il robot è rappresentato dal punto rosso. Ogni punto nero è una distanza misurata dallo scanner laser su un piano 2D*

Durante i suoi movimenti il robot acquisisce centinaia e centinaia di mappe locali e le mette insieme come tante tessere di un puzzle utilizzando le informazioni relative ai movimenti che ha effettuato e alle informazioni contenute nelle stesse scansioni laser.



*Tabella 1: una sequenza relativa all' algoritmo SLAM in esecuzione. Il quadrato rosso rappresenta la "localizzazione" istantanea del robot, la riga curva rossa rappresenta la "localizzazione" nel tempo del robot, cioè la sua traiettoria, l'insieme dei punti neri costituisce la mappa*

Questa **mappa** che cresce mano a mano che il robot si muove viene inviata istantaneamente all'operatore esterno che può farsi un'idea delle condizioni strutturali dell'edificio, confrontandole con le immagini che provengono dalla telecamera.

La mappa così realizzata non è utilizzata unicamente dall'operatore umano esterno all'edificio, ma è utilizzata internamente anche dal robot per **localizzarsi**. L'operazione di localizzazione simultanea a quella di mappatura è fondamentale non solo per capire dove si trova il robot in ogni istante e pianificare di conseguenza i nuovi movimenti, ma anche per valutare eventuali cambiamenti dell'ambiente nel tempo. Supponiamo ad esempio che l'edificio è crollato in parte a causa di uno scoppio o di un terremoto, la possibilità di riscontrare variazioni, che si traducono ad esempio in nuovi crolli, può essere importantissimo per la sicurezza di una squadra di esplorazione umana che entrerà successivamente nell'edificio in oggetto per salvare eventuali superstiti identificati dal robot.

Questo esempio di funzionamento è molto minimalista, ma nasconde una tecnologia molto avanzata e molto studiata in ambienti di ricerca universitaria. Dai centri di ricerca sulla robotica di tutto il mondo escono ogni anno decine e decine di articoli scientifici sull'argomento, articoli ricchi di formule, teorie e teoremi, ma poveri di esempi pratici e di quelle informazioni necessarie a realizzare realmente un sistema autonomo in grado di eseguire questo tipo di applicazione.

L'esempio dell'"edificio pericolante" è solo un caso particolare di applicazione dello SLAM, ma è facile intuire come sia applicabile anche agli scenari presentati nel precedente paragrafo.

Il sistema dell'esempio come detto è molto minimale, ma può essere potenziato in innumerevoli

modi: sostituendo il sensore 2D con un sensore 3D si otterrà una mappa 3D invece di una mappa piana, con conseguente aumento del dettaglio delle informazioni utili agli operatori unani; se la telecamera viene utilizzata non solo per trasmettere immagini all'esterno, ma anche internamente dal robot, è possibile applicare algoritmi di visione artificiale per migliorare la localizzazione, ma soprattutto per riconoscere e identificare gli oggetti che compongono l'ambiente esplorato.

Nel caso ad esempio dello scenario sportivo, la telecamera e la visione artificiale sono necessarie per identificare e localizzare la posizione delle palline da raccogliere.

Una volta che l'algoritmo di base è ben studiato, implementato e testato, il numero delle applicazioni pratiche in cui può essere utilizzato trova il suo limite solo nella fantasia del progettista.

## Genesi del progetto MyzharBot

Walter Lucetti, conosciuto su internet come Myzhar (dal nome della stella Mizar della costellazione dell'Orsa Maggiore), si laurea in Ingegneria Informatica nel dicembre 2004 e da luglio 2005 entra nel mondo lavorativo, scegliendo di non proseguire la possibile carriera nella ricerca universitaria. Gli argomenti di studio degli ultimi anni si erano concentrati sulla percezione robotica, sul controllo dei robot e il lavoro lo stava allontanando da questo mondo che l'aveva sempre appassionato.

### ***Nasce l'idea***

Iniziò così a nascere l'idea di iniziare e portare avanti un progetto robotico personale, slegato dall'ambiente universitario che caratterizza la ricerca robotica in Italia, ma soprattutto un progetto da condividere con altri appassionati che potessero contribuire al suo sviluppo.

Per iniziare a condividere le proprie idee nasce il sito internet [www.robot-home.it](http://www.robot-home.it), qui MyzharBot ha iniziato a prendere forma e sempre grazie a internet Walter scopre la nascente comunità robotica amatoriale italiana che si incontra virtualmente su alcuni forum di discussione (RoboItalia, Robot-Italy e Roboteck).

### ***La nascita del Team grazie al web***

Grazie ai forum di discussione Walter "incontra" virtualmente Mauro Soligo, un appassionato di robotica come lui, con in testa un progetto analogo. Walter è un buon programmatore, sa qualcosa di elettronica grazie agli studi universitari, ma non riesce a trovare il tempo materiale da dedicare a entrambe le cose; Mauro ha già sviluppato una scheda elettronica di controllo, ha un suo piccolo robot in legno da far muovere, ma non ha sufficienti conoscenze informatiche da poter utilizzare per realizzare il software di controllo e di configurazione di "alto livello".

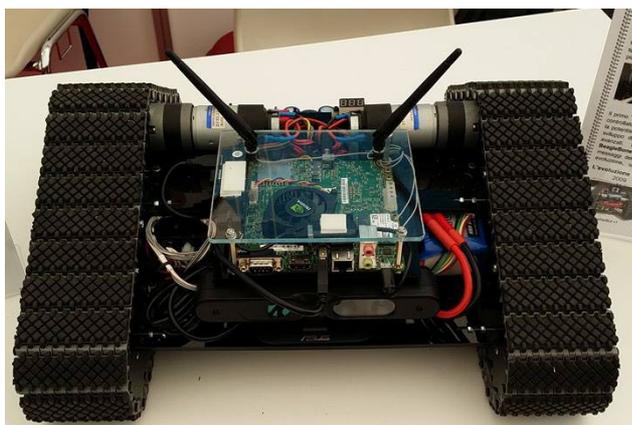


Figura 3: MyzharBot

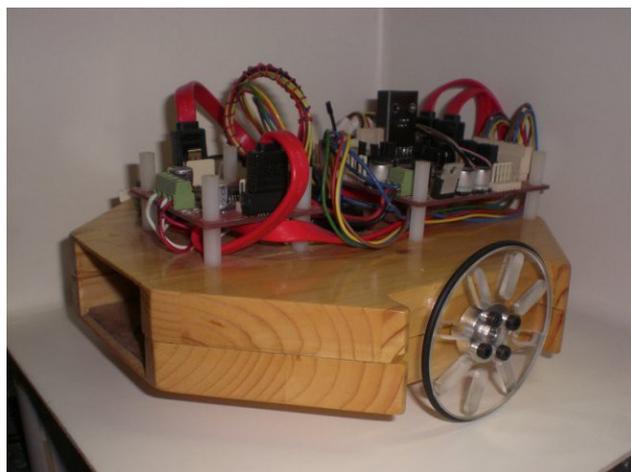


Figura 4: WoodyBot

*Tabella 2: MyzharBot e WoodyBot, molto diversi nell'aspetto, ma molto simili nel "cuore"*

Nasce così il team di sviluppo che è attualmente dietro il progetto MyzharBot, progetto che cresce

in parallelo al progetto WoodyBot, di Mauro. MyzharBot e WoodyBot sono due robot molto diversi strutturalmente, ma che condividono elettronica e software di controllo, esattamente quello che Walter aveva sperato di raggiungere quando aveva iniziato a pensare al suo progetto: sviluppare una combinazione di elettronica e software in grado di poter essere adattata a differenti robot, cambiando solo alcuni parametri di configurazione.

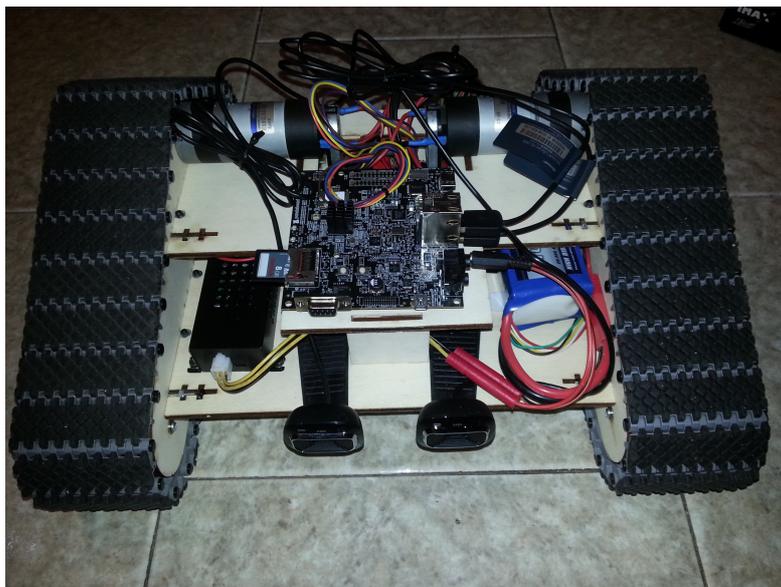
Era l'anno 2010, da allora il progetto MyzharBot ha subito molte correzioni e la sua struttura meccanica ha raggiunto una versione stabile e robusta, nonostante le scarse nozioni meccaniche di Walter. Analogamente l'elettronica, grazie soprattutto al contributo di Mauro, è molto stabile e funzionale. L'entusiasmo nato dalla collaborazione ha portato anche alla nascita di un sito internet totalmente dedicato al progetto e alla sua diffusione: <http://myzharbot.robot-home.it>.

Oggi MyzharBot ha bisogno soprattutto di sviluppare e concretizzare la sua "Intelligenza". In un robot l'intelligenza è data dal software di controllo che viene eseguito a bordo del robot stesso grazie a schede di elaborazione molto potenti.

Inizialmente tutto il software è stato scritto partendo da zero e sviluppando totalmente ogni modulo che lo costituiva. Constatato che questo tipo di approccio portava via sempre più tempo e che la robotica era stata sostituita dalla "programmazione pura", Walter ha deciso di iniziare ad utilizzare un framework robotico Open Source molto diffuso nell'ambiente di ricerca robotica universitaria: ROS.

ROS darà a MyzharBot un'infrastruttura robotica software di base secondo uno standard riconosciuto in tutto il mondo, agevolando lo sviluppo degli algoritmi di intelligenza artificiale che gli permetteranno, tramite sensori visivi 3D, di adeguare i suoi comportamenti alle evoluzioni dell'ambiente in cui si trova ad operare.

Questa scelta è stata effettuata solo negli ultimi mesi del 2014, dopo un'attenta valutazione delle risorse dedicate ai diversi aspetti del progetto e dopo una lunga discussione con gli amici "robotari" che appartengono alla community robotica amatoriale italiana.



*Figura 5: MyzharBot nella fase "legnosa" della sua evoluzione*

Da questa community virtuale è nato agli inizi del 2014 il gruppo "Officine Robotiche", un gruppo di amici provenienti da ogni parte dell'Italia, tutti appassionati di robotica, meccanica, elettronica e informatica ognuno pronto a realizzare il proprio progetto robotico e a condividere con gli altri elementi del gruppo le proprie conoscenze.

### **La collaborazione con Officine Robotiche**

MyzharBot fa parte dei progetti del gruppo Officine Robotiche e ad aprile 2014 è stato esposto al pubblico per la prima volta durante l'evento denominato "Officine Robotiche 2014" (<http://2014.officinerobotiche.it>), tenutosi a Roma nel mese di Aprile.

Durante l'evento "Officine Robotiche 2014", il primo evento pubblico organizzato dalla community di appassionati di robotica, ogni elemento del gruppo ha presentato la propria "creazione" ai visitatori della manifestazione, presentando contemporaneamente dei workshop su argomenti inerenti la robotica.

La robotica è una scienza che richiede tre conoscenze fondamentali: meccanica, elettronica e informatica. Non è facile che una persona singola abbia tutte e tre le competenze, il gruppo di Officine Robotiche è la soluzione a questo limite.

Officine Robotiche è una nuova realtà non comune in Italia, dove chi ha una conoscenza in un particolare campo tecnologico spesso la conserva gelosamente all'interno della propria nicchia, limitando la diffusione a persone dello stesso gruppo. Ogni elemento del gruppo Officine Robotiche ha una conoscenza di base dei tre campi della robotica, ed è specializzato in uno dei campi per passione, studio o professione.

La caratteristica principale del gruppo è però la voglia di diffondere le proprie conoscenze condividendole con gli altri elementi e soprattutto con chi ancora non appartiene alla community grazie alla pubblicazione di numerosi tutorial su internet e all'organizzazione di eventi pubblici.

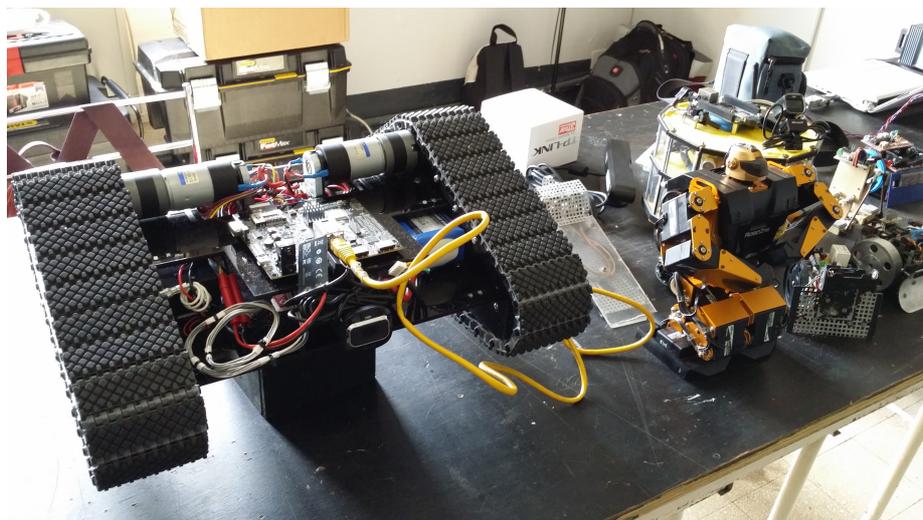


Figura 6: MyzharBot a Officine Robotiche 2014

A ottobre 2014 MyzharBot era presente alla fiera internazionale "MakerFaire European Edition" che si è tenuta all'Auditorium della Musica di Roma, dove ha riscontrato molto successo insieme

agli altri robot del gruppo "Officine Robotiche" (<http://www.makerfairerome.eu/project/officine-robotiche-myzharbot-245/>). La scelta di partecipare tutti insieme come gruppo all'evento internazionale del movimento dei "Makers", delle persone che amano "fare", ha avuto spinta dalla voglia di farsi conoscere e di contribuire ancora di più alla diffusione delle proprie conoscenze. Questa voglia è stata percepita dagli organizzatori dell'evento che hanno accettato in blocco le richieste di partecipazione di tutti i progetti del gruppo.

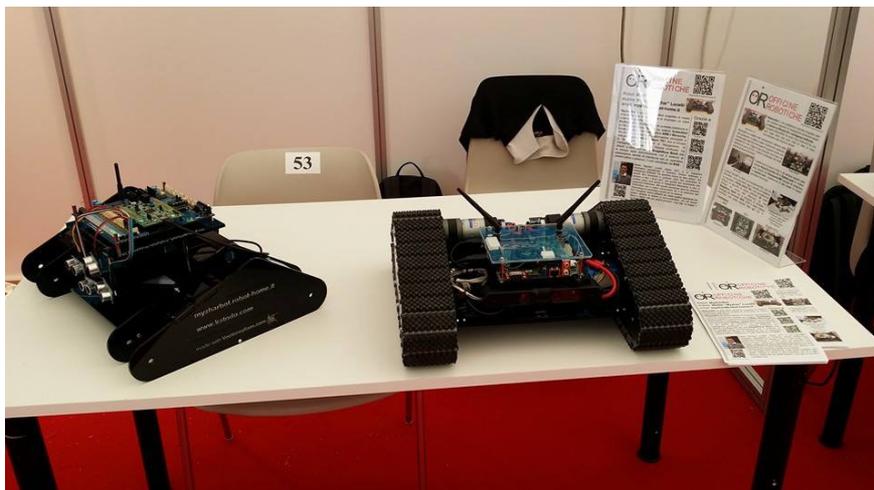


Figura 7: MyzharBot al MakerFaire European Edition 2014

Per il 2015 il gruppo Officine Robotiche sta organizzando un secondo evento pubblico, con lo scopo di presentare le evoluzioni di tutti i progetti robotici che ne fanno parte, tenere nuovi workshop e quest'anno anche piccole lezioni per avvicinare al mondo della robotica chi ancora non ne fa parte, ma ne è affascinato. Durante l'evento inoltre saranno presentati alcuni nuovi progetti nati dalla collaborazione di gruppo con lo scopo di avere una base di sviluppo comune da condividere.



Figura 8: Logo del gruppo Officine Robotiche

Tutte le informazioni sono rese disponibili sul sito internet <http://www.officinerobotiche.it>.

## MyzharBot oggi

Come ogni progetto robotico MyzharBot è una combinazione di tre settori tecnologici: Meccanica, Elettronica e Informatica. Gli elementi di ognuno dei tre settori devono essere combinati tra loro in modo che il sistema finale sia totalmente sincronizzato e che "gli ingranaggi possano girare ben oliati senza bloccarsi".

### Meccanica

Il telaio di MyzharBot è ricavato da 3 “fogli” di materiale plastico acrilico spessi 5mm tramite taglio laser. Due piani orizzontali principali alloggianno l'elettronica di controllo e fanno da struttura portante per i due moduli laterali, supporto dei cingoli che ne permettono il movimento.

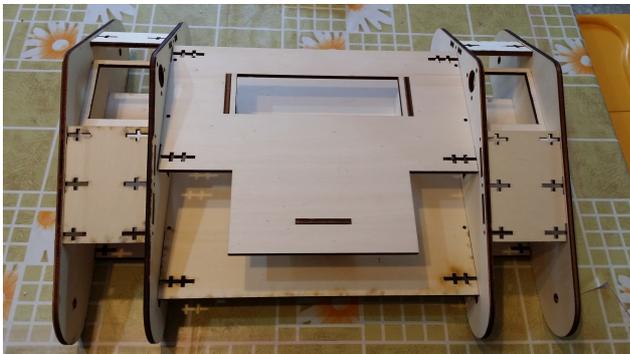


Figura 9: Prototipo del telaio in legno



Figura 10: Telaio in materiale acrilico

Tabella 3: Due versioni del telaio di MyzharBot appena uscito dalla macchina di taglio laser

Lo studio iniziale del telaio è stato realizzato tramite CAD 3D per verificare “virtualmente” l'assemblaggio di ogni suo componente. Prima di arrivare alla versione attuale in plastica sono stati realizzati numerosi prototipi in legno per la verifica “economica” della correttezza di ogni misura.



Tabella 4: Particolari dei cingoli

I cingoli sono realizzati dalla Lynxmotion, hanno una larghezza di 7.5cm circa (3”) e ognuno di essi

è composto da 31 maglie (sono necessari 3 kit standard).

I cingoli sono azionato da due motori Micromotors e192-12-18 in grado di erogare 600 mNm, con una corrente massima di assorbimento pari a 1.65A.

Ogni motore fornisce un feedback alla scheda di controllo grazie a due encoder incrementali programmabili CUI INC AMT102-V, configurati a 400 impulsi al secondo (1600 impulsi/giro in quadratura), grazie a questi sensori e al software di "basso livello", ogni movimento di MyzharBot è misurato e controllato con la massima precisione.



Figura 11: Micromotors e192-12-18 con encoder CUI inc AMT102-V

## ***Elettronica di Controllo***

Il cuore di MyzharBot è una scheda di controllo motori sviluppata interamente dal piccolo team di persone che gira intorno al progetto. La scheda, denominata RoboController v2, è basata su un microcontrollore Microchip dsPic33 (dsPic33FJ128MC804) e si occupa della regolazione della velocità di rotazione dei motori tramite due controllori PID che ricevono il feedback di controllo dai due encoder incrementali.

La RoboController ha inoltre 4 ingressi analogici utilizzati per monitorare la carica della batteria e tre eventuali sensori di distanza di sicurezza.

L'output della scheda di controllo sono due segnali PWM, input della scheda di potenza RoboPonte MD, sviluppato anch'essa dal nostro team, in grado di erogare 2.5A di corrente su due canali.



*Figura 12: RoboPonte-MD connesso alla RoboController V2 tramite robusti cavi SATA e assemblato su prototipo in legno del telaio*

Attualmente la RoboController comunica con il “cervello” di MyzharBot tramite connessione seriale utilizzando il protocollo di comunicazione industriale Modbus.

In futuro questa specifica subirà dei cambiamenti in quanto, seguendo la filosofia di condivisione delle conoscenze e degli strumenti intrapresa nel gruppo "Officine Robotiche", il progetto RoboController sarà affiancato da un nuovo progetto di scheda di controllo motori più piccola di nome  $\mu$ Nav. RoboController e  $\mu$ Nav saranno caratterizzate dallo stesso protocollo di comunicazione e avranno in comune le parti principali del software di gestione. La prima però sarà dedicata a robot di stazza medio-grossa come MyzharBot, mentre la seconda sarà perfetta per robot di taglia più piccola.

Il “cervello” di MyzharBot è una scheda embedded Linux Nvidia Jetson TK1, probabilmente la più potente scheda embedded ARM attualmente sul mercato. Il cuore della Jetson TK1 è un SOC Nvidia Tegra TK1 che include una CPU quad-core ARM® Cortex A15 NVIDIA 4-Plus-1™ più una GPU Nvidia Kepler dotata di 192 core CUDA. Grazie a questo potente computer embedded MyzharBot può eseguire elaborazioni parallele massive e processare onboard in tempo reale tutti i dati provenienti dai sensori di visione 3D.

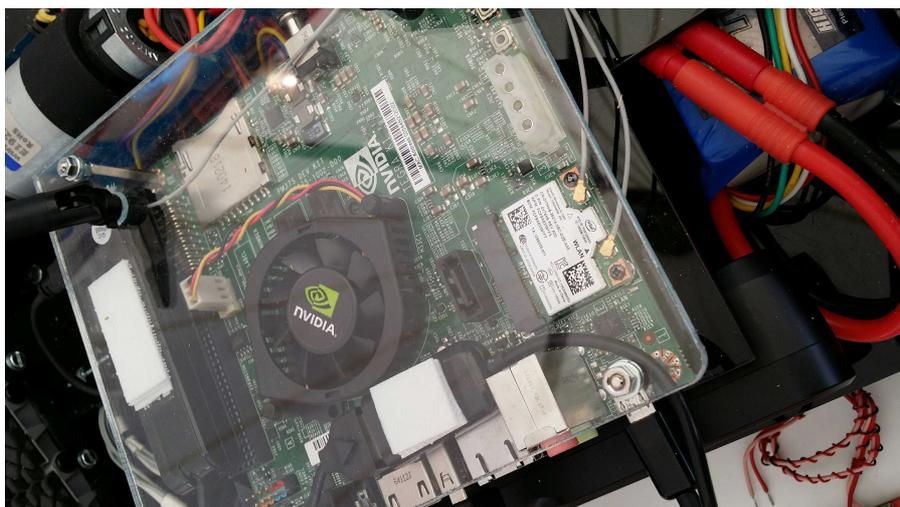


Figura 13: Il "cervello" di MyzharBot: NVidia Jetson TK1

In futuro la Jetson TK1 sarà affiancata da una più "semplice" Beaglebone Black che si occuperà di gestire tutte le operazioni principali di coordinamento e la comunicazione wireless con le interfacce remote che permettono all'operatore "umano" di monitorare il funzionamento del robot e di prenderne il controllo manuale nel momento del bisogno.

### **Software di Controllo**

Tutto il software di alto livello di MyzharBot è scritto in linguaggio C++ ed è basato su ROS, il "Sistema Operativo Robotico" sviluppato dalla americana Willow Garage. ROS è affiancato dal framework Qt5. Grazie a Qt5 è possibile sviluppare software cross-platform senza particolari problemi, tutto il codice scritto potrà essere eseguito (con qualche piccola modifica di adattamento) indifferentemente su Linux, Windows, Android e iOS, con o senza un'interfaccia utente grafica.

L'SDK e i software "finali" scritti fino ad oggi sono pubblicamente disponibili tramite piattaforma Github agli indirizzi:

- <https://github.com/Myzhar/RoboController-ROS>
- <https://github.com/Myzhar/RoboController-FW>
- <https://github.com/Myzhar/RoboController>

Il software è diviso in due parti: **HLU** e **LLU**.

HLU è l'acronimo di **High Level Unit** e contiene tutto il software scritto per le piattaforme di alto livello (embedded ARM, PC, Android e iOS).

LLU è l'acronimo di **Low Level Unit** e contiene i firmware scritti per le piattaforme di basso livello (schede a microcontrollore).

Il software del modulo LLU si occupa della lettura degli encoder dei motori e di controllare grazie ad essi la loro velocità di rotazione che si traduce in un moto del robot preciso e misurato, che permette di stimare la posizione del robot istante per istante (Odometria). Tale operazione deve essere effettuata garantendo tempi di elaborazione ben definite (Real Time), per questo motivo

vengono eseguite su un sistema a microcontrollore.

Il software del modulo HLU è specializzato e si occupa di tutte quelle operazioni che richiedono potenza di calcolo molto elevata. Il modulo HLU si occupa di eseguire il software di controllo sviluppato sulla base del framework ROS. Grazie a ROS non è necessario occuparsi dell'infrastruttura di comunicazione tra i differenti moduli software di alto livello, ma è sufficiente decidere quale tipo di messaggi si scambiano i diversi moduli e quale modulo elabora un determinato tipo di dato.

E' stato sviluppato un modulo per ogni sensore di alto livello presente sul robot:

- **sensore inerziale (IMU):** fornisce informazioni sulle accelerazioni lungo i tre assi di movimento, delle velocità di rotazione intorno ai tre assi e di orientamento rispetto al campo magnetico terrestre
- **sensore visivo RGB:** una telecamera a colori fornisce al robot informazioni "visive" dell'ambiente circostante
- **sensore visivo 3D:** un sistema di percezione 3D permette al robot di aver informazioni spaziali dell'ambiente circostante, potendo in questo modo valutare distanze e dimensioni
- **sensore odometrico:** le informazioni sulla velocità di rotazione del robot (acquisite dalla scheda di controllo motori, parte della LLU) vengono trasformate in distanze di avanzamento e angoli di rotazione grazie al modello cinematico del robot

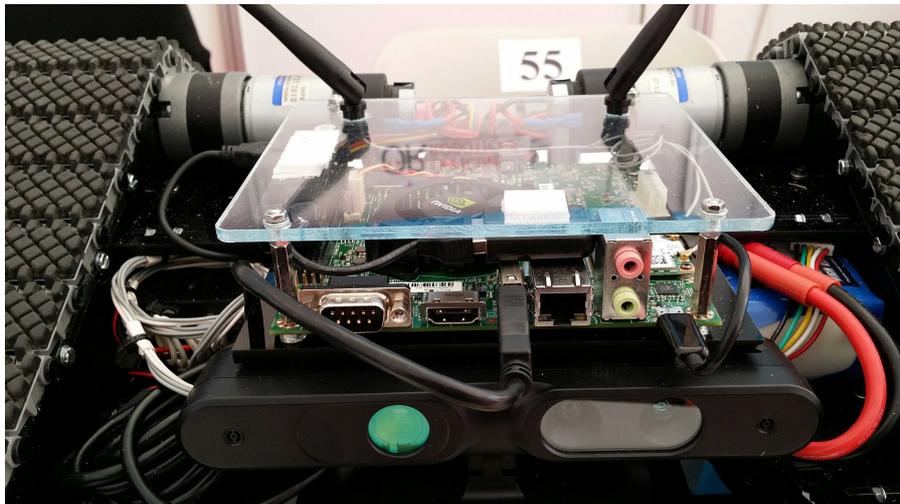


Figura 14: Particolare del sensore visivo 3D

Una volta acquisiti i dati vengono inviati al modulo che si occupa di elaborarli per ottenere informazioni di più alto livello:

- **stimatore dello stato del robot:** i dati inerziali e odometrici (e GPS se il robot opera all'aperto) vengono fusi con algoritmo matematico noto come Filtro di Kalman per ottenere informazioni sugli spostamenti effettuati e sulla localizzazione all'interno della mappa dell'ambiente
- **riconoscimento di ostacoli/oggetti:** i sensori visivi RGB e 3D vengono utilizzati

contemporaneamente per individuare oggetti presenti nell'ambiente operativo e classificarli in base alla loro forma e colore. Grazie all'informazione spaziale 3D ogni oggetto può anche essere univocamente localizzato all'interno della mappa ambientale.

- **generazione della mappa dell'ambiente:** i dati di posizione ottenuti dal modulo di stima dello stato del robot sono utilizzati insieme alle informazioni visive 3D per ricostruire una mappa dell'ambiente contemporaneamente alla sua esplorazione
- **pianificazione di traiettoria:** in base all'operazione impostata il robot calcola la traiettoria migliore per navigare all'interno della mappa e adatta gli spostamenti in base alle informazioni relative agli ostacoli

Tutte queste informazioni utilizzate a bordo del robot grazie alla potente unità di calcolo precedentemente descritta possono essere inviate a un'operatore umano remoto che può visualizzarle grazie a un'interfaccia utente grafica.

Un robot autonomo non è un essere umano, per quanto un software possa essere scritto bene e possano essere state valutate tutte le possibili situazioni di pericolo, un evento improvviso non preventivato può sempre verificarsi e l'interfaccia remota permette all'operatore umano di intervenire prendendo il controllo manuale del robot e ripianificare le operazioni in base alla nuova situazione.

L'interfaccia operatore è sviluppata in Qt5 e sarà realizzato un software di intercomunicazione tra il framework ROS e il framework Qt.

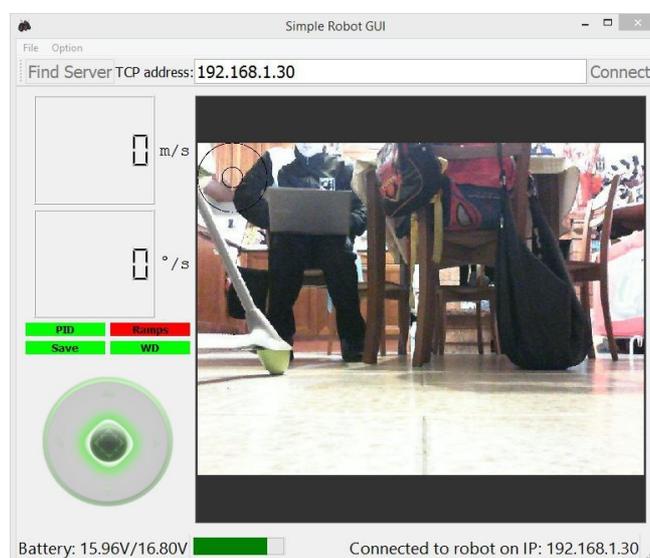


Figura 15: Figura 10: esempio di interfaccia utente per il controllo remoto con feedback visivo da webcam Microsoft HD3000

## **Possibili evoluzioni del progetto**

In quanto piattaforma di ricerca MyzharBot non è in uno stato progettuale statico, ma è in continua evoluzione in ogni sua parte per adeguarsi ai cambiamenti tecnologici.

Per esempio nelle fasi iniziali del progetto, la visione 3D era realizzata tramite due camere RGB che realizzavano un sistema di visione stereoscopico (come quello dell'uomo). Negli ultimi anni si è diffusa la tecnologia RGB-D (da Red Green Blue che identificano il colore e Depth per la distanza) che fornisce contemporaneamente informazioni visive e informazioni spaziali con una precisione superiore rispetto ed ora MyzharBot è dotato di un sensore ottico RGB-D Asus Xtion Pro Live.

### ***Adeguamento meccanico rapido***

Ogni adattamento tecnologico elettronico e/o sensoriale, richiede un necessario adattamento della meccanica del robot che spesso necessita di una nuova progettazione e successiva realizzazione al taglio laser di alcune parti del telaio.

Le operazioni di taglio laser dei materiali vengono effettuate prenotando online il servizio da un service situato a Milano (Vectorealism).

Tale procedura, oltre ad essere molto dispendiosa in termini economici, porta via molto tempo (dai 15 ai 20 giorni), introducendo grossi ritardi nell'adeguamento tecnologico del sistema finale.

L'utilizzo in loco di una stampante 3D per la prototipazione rapida può permettere di coprire i buchi temporali con un adeguamento meccanico immediato in attesa dell'arrivo delle nuove parti realizzate al taglio laser.

### ***Nuovo progetto del telaio per esterni***

La struttura meccanica attuale di MyzharBot non è adeguata all'utilizzo del robot in ambienti esterni in quanto tutta l'elettronica è esposta agli agenti atmosferici che ne possono compromettere la funzionalità. Tale limite non permette al momento la convalida degli algoritmi di navigazione studiati in ambienti outdoor molto rigidi.

Per questo motivo è in preventivo lo studio di una meccanica nuova adatta ad ambienti esterni che garantisca un grado di protezione almeno IP63 (protezione totale contro la polvere e la pioggia).

Un tale adeguamento meccanico, oltre ad essere molto costoso, deve essere studiato da un progettista con competenze meccaniche adeguate, non disponibili nell'attuale team di sviluppo.

### ***Sistema di acquisizione 3D per esterni***

Un ulteriore limite della configurazione attuale è dato dal sensore RGB-D utilizzato. L'Asus Xtion Pro Live, sebbene molto preciso e performante, perde ogni funzionalità di cognizione spaziale se l'ambiente operativo è illuminato da luce solare diretta. Tale caratteristica non ne permette l'utilizzo in ambienti outdoor, se non durante le ore notturne... configurazione operativa in cui si perde la cognizione visiva RGB.

Tale limite tecnologico può essere superato dotando il robot di un costoso sensore laser 2D (LRF,

Laser Range Finder) per ambienti outdoor, messo in oscillazione sull'asse longitudinale grazie un meccanismo di "tilt".

Tale configurazione sensoriale 3D è stata studiata da Walter Lucetti per la sua tesi di laurea nel 2004. In quel periodo i sensori laser 2D oltre ad essere molto costosi, avevano dimensione e peso molto elevati, obbligando i progettisti a realizzare meccaniche robotiche molto robuste. Oggi tali sensori sono stati miniaturizzati e hanno raggiunto le dimensioni e il peso di una macchina fotografica standard, sono quindi facilmente manovrabili e adattabili ad una meccanica robotica di medie dimensioni.

## Miglioramento del sito internet

Tutte le evoluzioni del progetto MyzharBot sono condivise con la comunità robotica italiana e internazionale grazie al sito internet a lui dedicato. Il sito internet ha attualmente una visibilità abbastanza buona con circa 400 visitatori mensili che visualizzano in totale circa 1100 pagine.

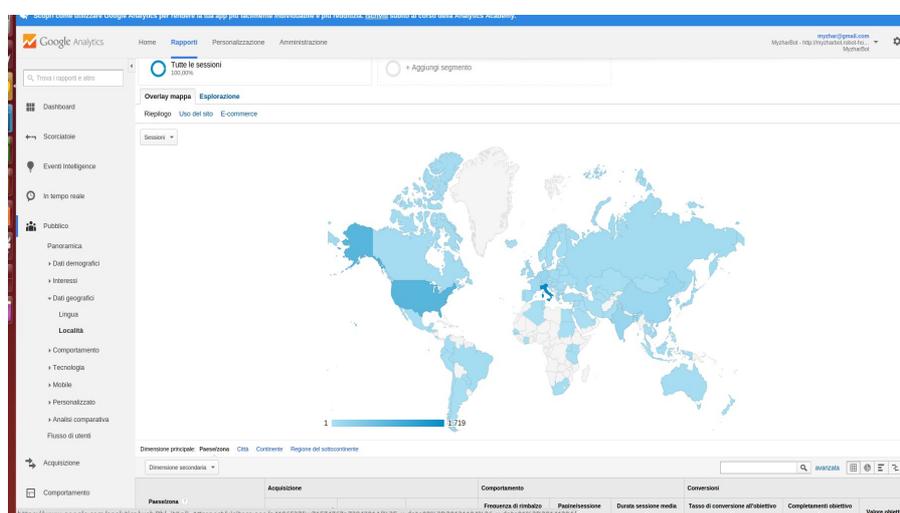


Figura 16: Un grafico delle visite ricevute dal sito internet nell'ultimo anno

Il sito internet è totalmente in inglese e riceve visite da ogni parte del mondo, ma spesso non è facile dare risalto ai contenuti in modo efficace in modo tale da riuscire ad attirare ulteriormente l'attenzione del visitatore sulle differenti pagine del sito relative alle molteplicità del progetto.

Inoltre il lavoro "materiale" sul robot porta via molto tempo e mantenere i contenuti aggiornati è veramente difficile. Il sito è basato sul CMS Wordpress 4.0, che agevola notevolmente l'inserimento delle informazioni, ma tradisce un carattere amatoriale dei suoi contenuti.

Un miglioramento del sito internet grazie all'intervento di un grafico professionista porterebbe quasi certamente ad un aumento dell'appetibilità del materiale diffuso. Tale intervento coordinato all'azione di un *SEO* (Search Engine Optimization) *Specialist* e di un *SEM* (Search Engine Marketing) *Specialist*, aumenterebbe certamente la visibilità del sito internet e la divulgazione dei suoi contenuti che potrebbero diventare appetibili anche per aziende interessate alle possibili applicazioni del progetto MyzharBot.

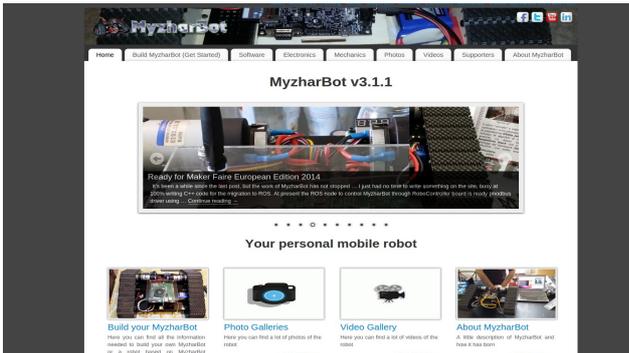


Figura 17: Homepage del sito internet

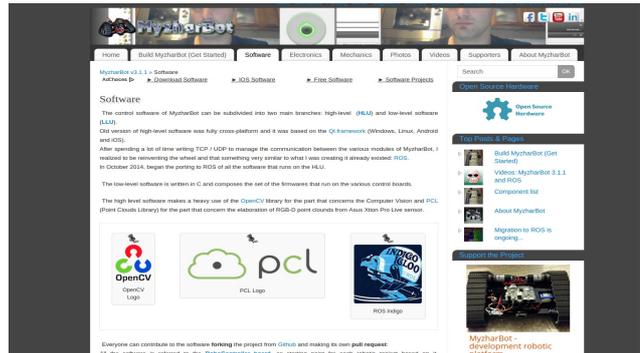


Figura 18: Sezione dedicata al software

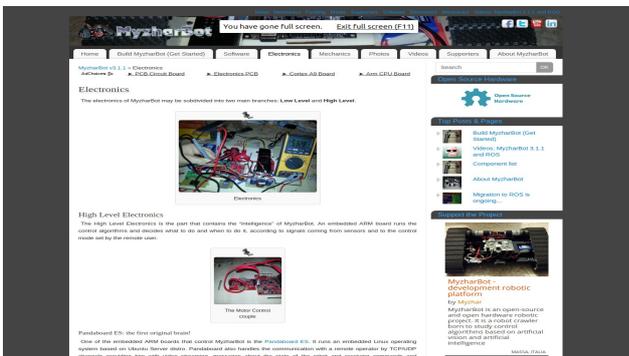


Figura 19: Sezione dedicata all'elettronica

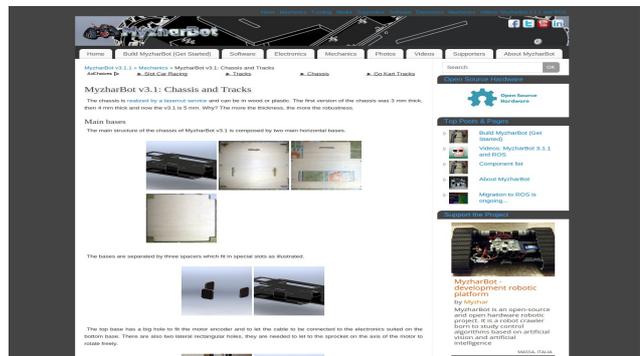


Figura 20: Sezione dedicata alla meccanica

Tabella 5: Alcune pagine di <http://myzharbot.robot-home.it>

Il progetto MyzharBot, per concludere, ha avuto i suoi maggiori step evolutivi grazie a tre campagne di crowdfunding nazionali e internazionali che hanno permesso l'acquisto di sensori e schede di controllo avanzate. Nell'ottica di promuovere eventuali nuove campagne di crowdfunding per finanziare nuovi "balzi in avanti", un sito internet dall'aspetto professionale, multilingua, dove è facile trovare tutte le informazioni da parte dei potenziali finanziatori è quindi di fondamentale importanza.

## **Team di Sviluppo**

Il team di sviluppo che si occupa direttamente di MyzharBot è attualmente composto da due persone:

Walter Lucetti, ingegnere informatico, specializzato in robotica, visione artificiale e intelligenza artificiale. Si occupa dello sviluppo del software di controllo di alto livello e della sua integrazione con i firmware su microcontrollore.

Mauro Soligo, perito elettronico, specializzato in microcontrollori e PLC. Si occupa della progettazione delle schede elettroniche e della scrittura del firmware dei sistemi a microcontrollore.

Walter e Mauro sono affiancati dagli amici del gruppo Officine Robotiche, con i quali condividono esperienze e difficoltà, discutendo dell'evoluzione dei propri progetti e lavorando insieme alle parti che li accomunano.