

ROVIS - ROver for VIdeo Streaming
Corso di Fisica dei Sistemi Complessi - Prof. Sandro Rambaldi

Alessandro Cordella
Natale Vadalà
alessandro.cordella@studio.unibo.it
natale.vadala@studio.unibo.it

Novembre 2018

Indice

1	Introduzione	3
2	Progettazione	3
2.1	Specifiche	3
2.2	Analisi dei requisiti	3
3	Realizzazione	5
3.1	Hardware	5
3.2	Software	7
4	Conclusioni e Sviluppi futuri	14

1 Introduzione

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di costruire un robot capace di muoversi su ruote e trasmettere un canale di *streaming video over HTTP*. Il dispositivo ottenuto è controllabile da un'interfaccia web ed è possibile visionare ciò che è posto di fronte al robot tramite una webcam.

Nelle seguenti sezioni verranno descritte le fasi di progettazione e realizzazione, i componenti hardware e le tecniche software utilizzate, e verranno presentati eventuali sviluppi futuri.

2 Progettazione

La fase di progettazione è stata condotta attraverso l'analisa della specifica e lo studio di progetti open-source precedenti.

2.1 Specifica

Progettare e realizzare un robot, controllabile attraverso un'interfaccia Web, dotato di una webcam in modo da poter trasmettere lo streaming video sulla stessa interfaccia.

Inoltre, si richiede l'uso microcontrollore o di un single-board computer, di componenti low-cost e software open-source.

2.2 Analisi dei requisiti

Hardware Ciò che serve per realizzare ROVIS:

- Microcontrollore / Single-board computer

Si è deciso di utilizzare un RaspberryPi 3 model B¹, che presenta nativamente una scheda di rete wireless, sebbene vada bene un qualsiasi Raspberry dotato di scheda di rete (interna o esterna) e porta USB per la webcam.

- Una "carrozzeria" con tutti gli alloggi necessari e 4 motori continui

Per semplicità si è deciso di acquistare un *case*² che comprendesse già i motori fissati, evitando di incorrere in ulteriori future complicazioni con l'asseblaggio e messa in asse delle ruote, del moto, ecc...

¹<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

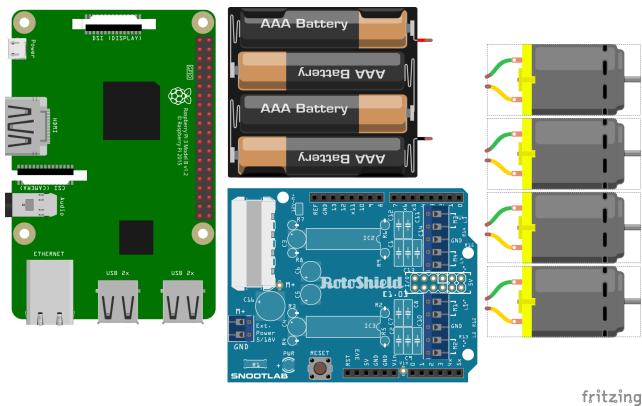
²<https://www.diymore.cc/collections/robot-chassis/products/diymore-4-wheel-robot-chassis-smart-car-with-speed-and-tacho-encoder-for-arduino-raspberry-pi-robot-diy-kits-65x26mm-tire>

- Una scheda che faccia da driver per i motori

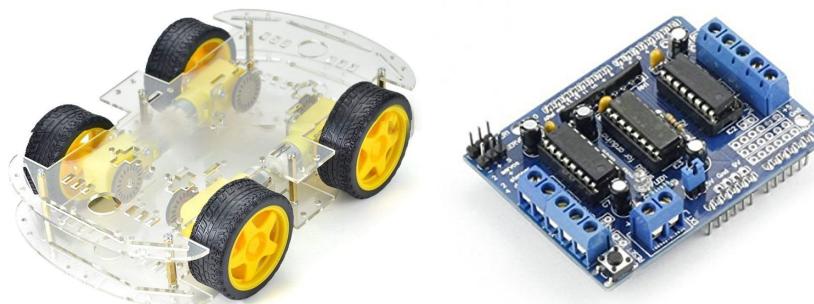
Acquistata su Amazon.it³, una shield con dei chip L293D⁴ (driver per motori molto comuni), permette di collegare i motori e gestirne la direzione (moto orario/antiorario) e la velocità, ottenibili grazie allo sfruttamento di alcuni pin GPIO d'appoggio per il controllo singolo di ogni motore ai e ponti H per permettere i cambi di direzione. Va alimentato con 5V.

- Un Power-bank e un alloggiamento per shield e motori

Si è deciso di utilizzare un power bank per il RaspberryPi per il semplice motivo che è più comodo, a nostro avviso, servire l'alimentazione da una porta micro USB invece che saldare un ulteriore alloggiamento per batterie sul RaspberryPi (Ma andrebbe comunque un'alimentazione uguale a quella per i motori e la shield, cioè 4* batterie AAA quindi 4.8-5V).



(a) RaspberryPi, case per batterie, 4 motori continui e L293D drive shield



(b) Case con motori e ruote

(c) L293D drive shield

³<http://amzn.eu/d/a9PD82e>

⁴<https://www.robot-italy.com/it/l293d-motor-driver.html>

Software Ciò che serve per realizzare ROVIS:

- Software per acquisizione video e streaming

Essendo su un sistema operativo Unix, la scelta ricade su ffmpeg⁵, che permette di codificare/decodificare gli stream video presi in input e restituirne i video in output (online come streaming o offline come file video).

- Piattaforma per orchestrazione dei server

Per rendere omogeneo e semplice lo sviluppo si è deciso di utilizzare NodeJS⁶, che fa al caso nostro (essendo una piattaforma event-driven) e per il semplice motivo che così backend e frontend sono stati scritti entrambi in JavaScript.

- Stream Server

Lanciato da NodeJS, di default resta in ascolto sulla porta 8081, è il server che aspetta uno stream MPEG-TS⁷ (streaming video) da parte di ffmpeg, verificandone il *secret* passato come parametro.

- Web Socket Server

Lanciato da NodeJS, di default resta in ascolto sulla porta 8082, è il server che aspetta una richiesta websocket da parte dello Stream Server.

- HTTP Server

Lanciato da NodeJS, di default resta in ascolto sulla porta 808, è il componente che serve l'interfaccia web per il controllo di ROVIS, e su cui viene proiettato lo streaming video. Il video è ottenuto dal WebSocket Server e riprodotto in un canvas HTML5.

3 Realizzazione

3.1 Hardware

Raspberry e driver Lo schema per inizializzare il driver (L293D) in modo che comunichi con il RaspberryPi (poichè la shield è creata per una scheda Arduino-like) e per settare i pin di shift e di controllo è quello trovato nella documentazione della libreria AMSpy.⁸

Link allo schema.⁹

Assemblaggio

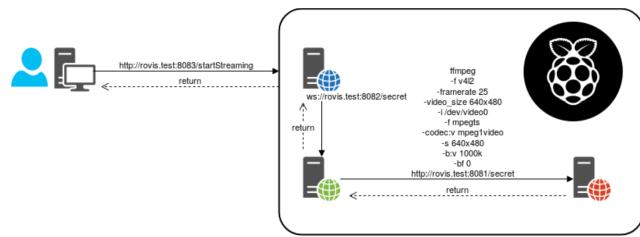
⁵<https://www.ffmpeg.org/>

⁶<https://nodejs.org/it/>

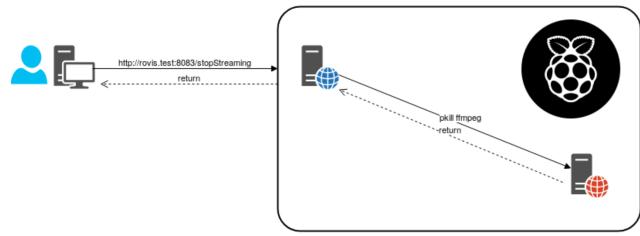
⁷https://en.wikipedia.org/wiki/MPEG_transport_stream

⁸<https://github.com/lipoja/AMSpy/>

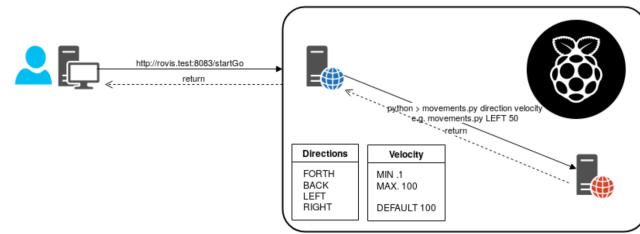
⁹<https://camo.githubusercontent.com/77d2a42518f0202d0962bdf2431a417d0248f2e5/687474703a2f2f6a616e6c69706f76736b792e637a2f776972696e6731322e6a7067>



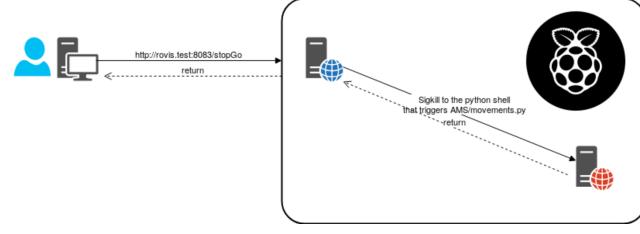
(a) Caso d'uso 1: *stop streaming*



(b) Caso d'uso 2: *stop streaming*



(c) Caso d'uso 3: *start go*



(d) Caso d'uso 4: *stop go*

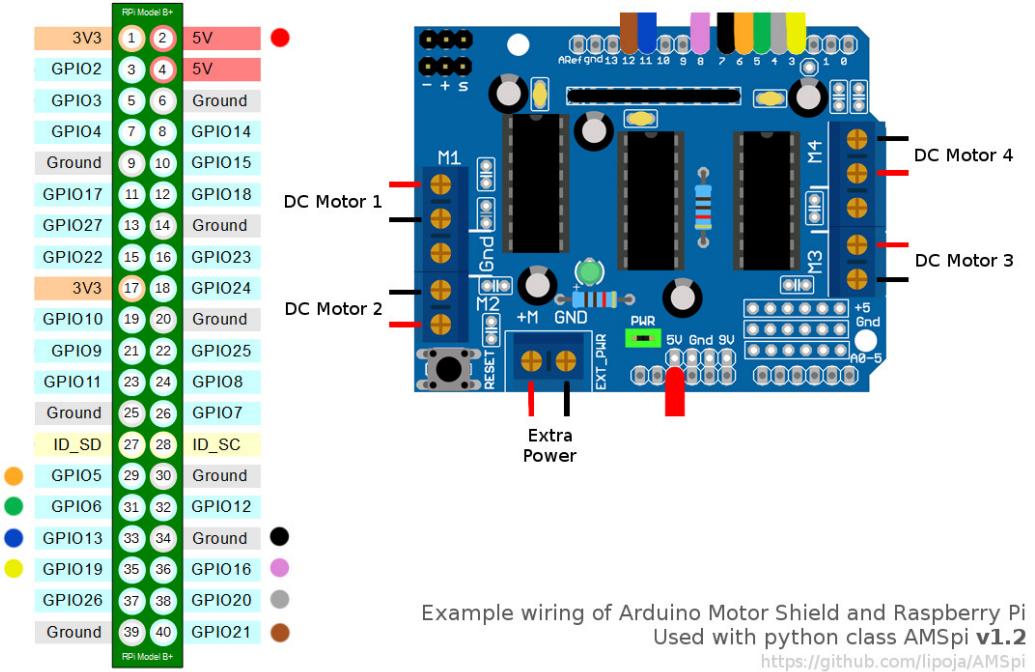


Figura 3: Schema di connessione tra *driver* e *Raspberry*.

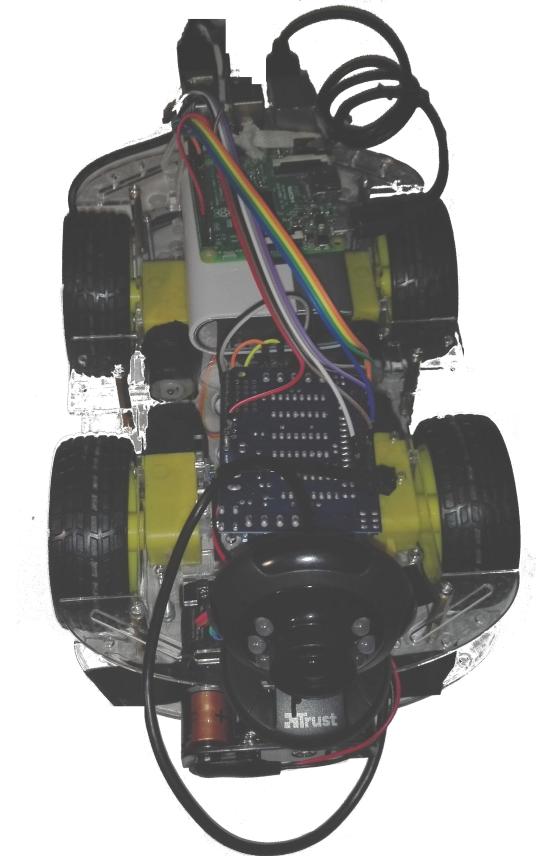
3.2 Software

Per garantire il controllo del dispositivo tramite un’interfaccia web è stato necessario progettare un server al quale un client può collegarsi. È stato utilizzato il framework JavaScript *NodeJs* per gestire sia la parte client che server dell’applicazione.

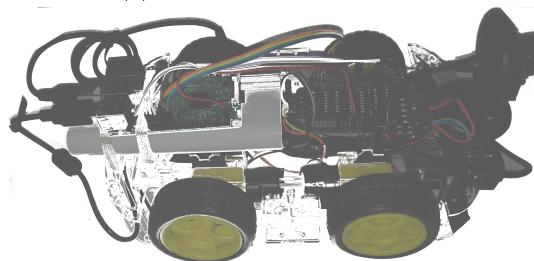
Inoltre si è dovuto ospitare del Python all’interno del progetto con la libreria AMSpy¹⁰, il quale ci ha permesso di controllare la driver shield L293D (Attraverso la libreria Python RPi.GPIO per Raspberry) e ci ha fornito le primitive per inizializzare e settare la shield e interfacciarsi con i motori, cosa che sarebbe stata ben più complessa se avessimo dovuto reimplementare il tutto da zero in JavaScript. Nelle seguenti sezioni verrà descritta la struttura gerarchica delle cartelle e le funzionalità presenti nei file al loro interno.

Server side I file presenti all’interno della cartella *server* / contengono le funzioni per gestire la parte server del sistema, mentre all’interno delle sue sottocartelle sono presenti altri file che verranno descritti in seguito.

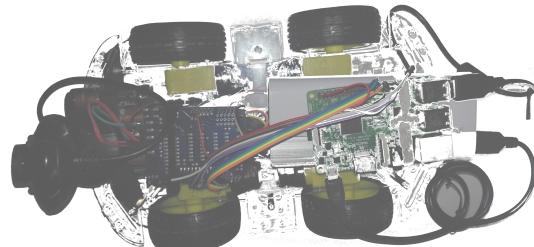
¹⁰<https://github.com/lipoja/AMSpy>



(a) ROVIS - Vista frontale



(b) ROVIS - Vista laterale



(c) ROVIS - Vista dall'alto

.env Questo file nascosto, processato da NodeJS, permette di definire le variabili d'ambiente per tutto il progetto. All'interno sono definite le porte di default per i server, il *secret* utilizzato per costruire le richieste, l'indirizzo IP e l'opzione di registrazione. Ovviamente per cambiare *secret*/porte/IP/opzioni basta modificare tale file e rilanciare il progetto.

```
STREAM_SECRET = "test"
STREAM_PORT = 8081
WEBSOCKET_PORT = 8082
HTML_PORT = 8083
RECORD_STREAM = false
ADDRESS = "0.0.0.0"
```

Listing 1: File .env

main.js Il file *main.js* è il file principale del server. Al suo interno sono presenti le funzioni di inizializzazione del sistema e per la gestione dello streaming video.

Qui vengono istanziati i 3 server discussi nel paragrafo 2.2/Software e, inoltre, è definito il percorso da cui servire i files per il frontend.

```
// Inizializzazione path per frontend
app.use("/public", express.static(__dirname + "/public"));

//Istanziazione Stream Server
var streamServer = http.createServer(function(request, response) {
...
})

//Istanziazione WebSocket Server
var socketServer = new WebSocket.Server({port: process.env.WEBSOCKET_PORT, perMessageDeflate: false});
...

//Istanziazione HTML Server
app.listen(process.env.HTML_PORT, () => {
  console.log(`App listening on port ${process.env.HTML_PORT}`);
});
```

Listing 2: main.js

Per avviare il server è necessario digitare il seguente comando:

```
node main.js
```

Listing 3: Avvio server

Una volta lanciato il comando, sarà possibile accedere all'interfaccia web digitando l'indirizzo IP del Raspberry seguito dalla porta su cui gira l'HTML server (default 8083).

```
192.168.1.10:8083
```

Listing 4: Esempio indirizzo server

routes.js Questo file è quello che definisce le API, cioè gestisce la comunicazione client-server, associando ad ogni interazione del client sulla pagina

web una specifica azione del server. Gestisce quindi le funzioni che regolano la webcam e il movimento. In particolare viene utilizzata la libreria di NodeJS *python-shell*¹¹ per eseguire uno script Python prodotto da noi (*movements.py*) per la gestione dei motori.

```
const routes = require('express').Router();
const { exec } = require('child_process');

routes.get('/', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'Connected!' });
    res.sendFile('public/index.html',{root: __dirname});
});

routes.get('/startGo', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'startGo!' });
    startGo(req.query.direction , req.query.vel);
});

routes.get('/stopGo', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'stopGo!' });
    stopGo("stopGo",req.query.vel);
});

routes.get('/startStream', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'streaming yes!' });
    streaming(true);
});

routes.get('/stopStream', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'streaming no!' });
    streaming(false);
});

routes.get('/getScreen', (req, res) => {
    res.status(200).json({ message: 'screenshot!' });
    screenshot();
});

var python_process;
function stopGo(){
    python_process.kill('SIGINT');
}
function startGo(direction,vel) {
    let options = {
        mode: 'text',
        pythonOptions: ['-u'], // get print results in real-time
        args: [direction,vel]
    };
    var PythonShell = require('python-shell');
    var pyshell = new PythonShell('AMSpis/movements.py',options);
    ...
    python_process = pyshell.childProcess;
}
function streaming(bool) {
    console.log("ROUTES STREAMING -> start "+bool+" stop "+!bool)
    if(bool){
        url =
            'http://'+process.env.ADDRESS+":"+process.env.STREAM_PORT+"/"+process.env.STREAM_SECRET
        exec('ffmpeg -f v4l2 -framerate 25 -video_size 640x480 -i /dev/video0 -f mpegts -codec:v mpeg1video -s
            640x480 -b:v 1000k -bf 0 '+url,(error, stdout, stderr) => {
            ...
        });
    }
    else {
        exec('pkill ffmpeg', (error, stdout, stderr) => {
            ...
        });
    }
}
function screenshot(bool) {
    ...
}
```

Listing 5: routes.js

¹¹<https://www.npmjs.com/package/python-shell>

AMSpi/ *AMSpi* è la libreria Python utilizzata per controllare i motori.

AMSpi/movements.py Script scritto da noi che sfrutta la libreria. Inizialmente setta i pin GPIO d'appoggio per i ponti H e i 4 pin per controllare ogni motore. In seguito triggerà le azioni di *start* e *stop* dei motori, in base alla direzione e alla velocità passata come input.

```
from AMSpi import AMSpi
import time
import sys

if __name__ == '__main__':
    # Calling AMSpi() we will use default pin numbering: BCM (use GPIO numbers)
    # if you want to use BOARD numbering do this: "with AMSpi(True) as amspi":
    with AMSpi() as amspi:
        try:
            c = sys.argv[1]
            v = int(sys.argv[2])
            go_time = 10
            # Set PINs for controlling shift register (GPIO numbering)
            amspi.set_74HC595_pins(21, 20, 16)
            # Set PINs for controlling all 4 motors (GPIO numbering)
            amspi.set_L293D_pins(5, 6, 13, 19)
            if c == "forth":
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_1, amspi.DC_Motor_2, amspi.DC_Motor_3,
                                     amspi.DC_Motor_4], speed=v)
            if c == "back":
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_1, amspi.DC_Motor_2, amspi.DC_Motor_3, amspi.DC_Motor_4],
                                     clockwise=False, speed=v)
            if c == "left":
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_1, amspi.DC_Motor_3], clockwise=False, speed=v)
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_2, amspi.DC_Motor_4], speed=v)
            if c == "right":
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_1, amspi.DC_Motor_3], speed=v)
                amspi.run_dc_motors([amspi.DC_Motor_2, amspi.DC_Motor_4], clockwise=False, speed=v)
            time.sleep(go_time)
        except KeyboardInterrupt:
            print("KeyboardInterrupt")
```

Listing 6: AMSpy/movements.py

Client side I file presenti all'interno della cartella **public/** sono quelli che gestiscono la parte client dell'applicazione.

index.html È il file contenente la struttura HTML del sito web.

immagine

css/ All'interno di questa cartella sono presenti i file che regolano lo stile della pagina.

js/ In questa cartella sono contenuti i file che regolano le interazioni dell'utente con la pagina e comunicano al server le azioni intraprese da esso.

js/arrow.js Binding fra eventi sulla pagina web (click con il mouse/ click su tastiera) e azioni (richieste HTTP Get) dal browser dell'utente al server.

```
var first = 0;
$(document).ready(function(){
```

```

//Settaggio e definizione listener per slider con velocita'
var velocity=$('#velocity')[0].value
$('#velocity').on('input change', function(){
    $('#velocityValue')[0].value=$('#this')[0].value
    velocity=$('#this')[0].value
})

//Listener sui bottoni della pagina web, al click del mouse
$('button').on('mousedown', function(e) {
    switch($('#this').attr("id")) {
        case "keyboard_key_left":
            $('#keyboard_key_left').css("background","green");
            //console.log("left - hw");
            startGo("left", velocity);
            break;

        case "keyboard_key_up":
            ...
        case "keyboard_key_right":
            ...
        case "keyboard_key_down":
            ...
        case "start":
            startStreaming();
            break;

        case "stop":
            stopStreaming();
            break;

        case "screenshot":
            getScreenshot();
            break;

        default :
            return;
    }
    //e.preventDefault();
});

//Listener sui bottoni della pagina web, al rilascio del mouse
$('button').on('mouseup', function(e) {
    switch($('#this').attr("id")) {
        case "keyboard_key_left":
            $('#keyboard_key_left').css("background","white");
            stopGo();
            break;
        case "keyboard_key_up":
            ...
        case "keyboard_key_right":
            ...
        case "keyboard_key_down":
            ...
    }
    e.preventDefault();
});

//Listener sugli eventi della tastiera , al click di un tasto
$(document).keydown(function(e) {
    switch(e.which) {
        case 37: // left
            $('#keyboard_key_left').css("background","green");
            //console.log("left");
            startGo("left", velocity);
            break;

        case 38: // up
        ...
        case 39: // right
        ...
        case 40: // down
        ...

    }
    e.preventDefault(); // prevent the default action ( scroll / move caret)
});

//Listener sugli eventi della tastiera , al rilascio di un tasto

```

```

$(document).keyup(function(e) {
    switch(e.which) {
        case 37: // left
            $("#" + keyboard_key_left).css("background","white");
            stopGo();
            break;

        case 38: // up
        ...
        ...
        case 39: // right
        ...
        ...
        case 40: // down
        ...

    }
    e.preventDefault(); // prevent the default action (scroll / move caret)
});

});

function startGo(direction, vel) {
    if( first ==0) {
        first ++;

        $.get("/startGo", {direction, vel}, function(data, status){
            console.log("FRONTEND STARTGO -> direction "+direction + " vel "+vel);
        });
    }
}

//Chiamate alle API del server
function stopGo() {
    vel=0;
    $.get("/stopGo", {vel},function(data, status){
        first =0;
        console.log("FRONTEND STOPGO -> vel "+vel);
    });
}

function startStreaming() {
    $.get("/startStream", function(data, status){
        console.log("FRONTEND STARTSTREAM");
    });
}

function stopStreaming() {
    $.get("/stopStream", function(data, status){
        console.log("FRONTEND STOPSTREAM");
    });
}

function getScreenshot() {
    $.get("/getScreen", function(data, status){
        console.log("FRONTEND SCREENSHOT");
    });
}

```

Listing 7: js/arrow.js

js/canvas.js Fetching dell'elemento *video-canvas* sull'HTML, e dell'indirizzo del web socket server, per istanziare un oggetto di tipo JSMPEG Player (Il componente che riproduce il video su browser).

js/jsmpeg.min.js Libreria JavaScript importata staticamente¹², offre la possibilità di istanziare e utilizzare Video player, con relativi decoder (MPEG-TS, MPEG-1) e renderers (WebGL, Canvas2D).

¹²<https://github.com/phoboslab/jsmpeg>

4 Conclusioni e Sviluppi futuri

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di costruire un robot capace di muoversi su ruote e trasmettere un canale di *streaming video over HTTP*. Il robot ROVIS è stato realizzato coerentemente alla specifica.

Il dispositivo ROVIS potrebbe essere ulteriormente migliorato implementando le seguenti funzionalità:

- Installazione di un modulo con sensori ad ultrasuoni con il fine di evitare lo scontro di ROVIS con ostacoli;
- Creazione un'applicazione Android per gestire il dispositivo;
- Configurazione del sistema al fine di consentire un accesso alla pagina di gestione da remoto.