



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN

GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
AUDIOVISUALES Y MULTIMEDIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Por Definir

Autor: Roberto Pérez González

Tutor: José María Cañas Plaza

Curso académico 2018/2019

Resumen

La plataforma JdeRobot nació como un paquete de softwares para el desarrollo de aplicaciones robóticas y visión artificial. El propósito de la plataforma es crear herramientas y controladores que faciliten la conexión con componentes hardware. La plataforma esta principalmente desarrollada en C++ y Python.

El propósito de este proyecto es facilitar el uso de las diferentes aplicaciones mediante el uso de tecnologías web en el front-end. Esta tecnología nos permite la ejecución de las diferentes herramientas con independencia del sistema operativo en que se está ejecutando. Además, utilizando el framework Electron, seremos capaces de crear aplicaciones de escritorio evitando de este modo problemas de compatibilidades entre los diferentes navegadores web que hay actualmente.

El desarrollo de este proyecto se realizará utilizando JavaScript, HTML5 y CSV en el cliente, y NodeJS en el servidor, sobre el cual está implementada la tecnología de Electron. Además me apoyare en los middleware ZeroC ICE y ROS para la interconexión cliente-servidor.

La primera parte del proyecto está centrada en la adaptación de los Visores existentes en la plataforma JdeRobot para que funcionen como aplicaciones de escritorio. Estos visores son Turtlebotviz, Droneviz y Camviz. Para finalizar esta parte, me centrare en este último visor para hacerlo funcionar con los dos principales middleware de comunicación: ZeroC ICE (como hasta ahora) y ROS.

La segunda parte, consiste en la creación de un nuevo visor web que mostrara objetos 3D, desde un simple punto o segmento, hasta objetos más complejos que se obtienen a partir de modelos 3D. Una de las funciones de este visor es la de ser utilizado en la práctica de JdeRobot Academy “Reconstrucción 3D”.

El último propósito de este proyecto es la elaboración de un nuevo componente para la plataforma JdeRobot. Este nuevo componente será un servidor de imágenes obtenidas a través de cámaras web y servidas a los diferentes visores. Este componente utiliza como middleware de comunicación ROS.

Índice general

1. Introducción	2
1.1. Tecnologías de desarrollo web	2
1.1.1. Introducción	2
1.1.2. Arquitectura de una aplicación web	3
1.1.3. Tecnologías del lado del cliente	4
1.1.4. Tecnologías del lado del servidor	4
1.2. Robotica	6
1.2.1. Introducción	6
1.2.2. Softwares para el desarrollo de componentes robóticos	7
1.2.2.1. Middleware	7
1.2.2.2. Bibliotecas	8
1.2.2.3. Simuladores	9
1.3. Tecnologías web en robótica	10
1.3.1. Introducción	10
1.3.2. Trabajos Previos	11
1.3.2.1. CameraViewjs	11
1.3.2.2. KobukiViewerjs	12
1.3.2.3. UavViewerjs	12
2. Objetivos	14
2.1. Objetivos	14
2.2. Requisitos	15
2.3. Metodología	15

2.4. Plan de Trabajo	17
3. Infraestructura	19
3.1. Node.js	19
3.2. El entorno ROS	20
3.2.1. Robot Web Tools	22
3.3. El entorno ICE	23
3.4. La plataforma JdeRobot	24
3.5. WebGL y Three.js	24
3.6. WebRTC	25
3.7. El framework Electron	26
4. Servidor web de imágenes mediante ROS	28
4.1. Introducción e infraestructura	28
4.2. Interfaz gráfica	29
4.3. Adquisición de las imágenes	31
4.4. Conexión y transmisión de las imágenes mediante ROS	33
4.4.1. Establecer conexión con ROS	33
4.4.2. Definición de los mensajes ROS	33
4.4.3. Creación de los mensajes y publicación	34
4.5. Adaptación para su funcionamiento con Electron	35
4.5.1. package.json	35
4.5.2. main.js	36
4.6. Ejecución del servidor de imagenes	37
5. Visor web de componentes 3D	40
6. Visores web modificados para ser usados con Electron	41

Capítulo 1

Introducción

En este primer capítulo voy a tratar de explicar el contexto de las bases tecnológicas en las que se apoya este proyecto, que son principalmente las tecnologías web y la robótica. Para empezar hablare del contexto de las tecnologías web y como de importantes son en la sociedad actual, para continuar explicando su arquitectura y las tecnologías más importantes. Continuare hablando sobre el estado actual de la robótica y la gran expansión de la misma en nuestros días. Para finalizar este capitulo, introduciré en Jderobot y en los proyectos previos que combinan tecnologías web con componentes robóticos.

1.1. Tecnologías de desarrollo web

1.1.1. Introducción

Desde que en el año 1992, Tim Berners-Lee ideara y desarrollara las primeras herramientas para facilitar compartir información entre los científicos del CERN desde cualquier parte del mundo, dando lugar a la posteriormente llamada World Wide Web o como se conoce coloquialmente la web, ha sufrido una gran evolución, consiguiendo que la sociedad actual no se pueda entender sin la existencia de la misma. Sin embargo, pese a la gran evolución, el propósito de la web no ha cambiado, es decir que acceder a la información sea lo más fácil posible, si lo ha hecho la manera en que la utilizamos. La aparición de aplicaciones web como las redes sociales, los servicio de streaming o los comercios electrónicos, han supuesto un impulso importante en el uso de la web y, por

consiguiente, la necesidad de idear nuevas herramientas que faciliten el desarrollo de webs.

1.1.2. Arquitectura de una aplicación web

Desde su creación, el modelo para que un sitio o aplicación web funcione no ha variado.

- Cliente: Realiza las peticiones de recursos a diferentes servidores web a través de un localizador uniforme de recursos (URL). Generalmente, la función de cliente la realiza un navegador.
- Servidor: Almacena la información de la aplicación web y sirve los contenidos acorde a las peticiones realizadas por el navegador.
- Http: Es el protocolo creado por Berners-Lee que permite el intercambio de información entre el cliente y el servidor.



Figura 1.1: Arquitectura de una aplicación web

1.1.3. Tecnologías del lado del cliente

Estas tecnologías son las encargadas de dar forma a la interfaz de usuario y de establecer la comunicación con el servidor. El navegador es capaz de leer e interpretar estas tecnologías. Las más utilizadas son las siguientes:

- Hyper-Text Markup Language (HTML): Es el lenguaje de descripción de aplicaciones web que nos permite especificar las características visuales.
- Hojas de estilo en cascada (CSS): Es el lenguaje utilizado para describir la presentación semántica (el aspecto y el formato) de un documento en lenguaje de marcas.
- JavaScript: Es un lenguaje de script orientado a objetos y guiado por eventos que nos permiten realizar acciones en el cliente e interactuar con el servidor u otras aplicaciones web.

1.1.4. Tecnologías del lado del servidor

Estas tecnologías son las encargadas de dar forma al servidor web de manera que permita el acceso a bases de datos, conexiones de red, recursos compartidos, en definitiva, se encarga de realizar todas las tareas necesarias para crear la aplicación web que se visualizara en el cliente. Las tecnologías más utilizadas son las siguientes:

- Common Gateway Interface (CGI): Fue de las primeras tecnologías del lado del servidor en aparecer, se creó inicialmente para gestionar formularios. No se trata de un lenguaje de programación sino de un mecanismo de comunicación entre el cliente y un programa externo, que proporcionara el contenido de la aplicación web. Actualmente se utiliza una variante llamada Fast-CGI que proporciona una mayor rapidez.
- PHP: Creado en 1994, es la tecnología más utilizada. Se trata de un lenguaje de programación de uso general de script que originalmente fue diseñado para proporcionar contenido web dinámico. Su código está empujado en el código HTML y es interpretado por un servidor web para generar la aplicación web, evitando la necesidad de acceder a un archivo externo.

- **Servlets:** Son programas escritos en Java que se ejecutan sobre un servidor de aplicaciones mediante la maquina virtual de Java (JVM). Estos programas (servlets) son ejecutados por el servidor para manejar cada una de las peticiones del cliente. Se trata de una tecnología con un concepto similar a CGI, pero beneficiándose de las ventajas de el entorno Java.
- **JavaServer Pages (JSP):** Se trata de una tecnología Java que permite generar contenido web dinámico en forma de documentos HTML. El código Java, a diferencia que en los Servlets, va incrustado en el HTML y se compila dinámicamente como un servlet.
- **Active Server Page (ASP):** Creado por Microsoft en 1996. Se trata de código que se ejecuta en el servidor y genera un archivo HTML que devuelve al cliente. Al ser una tecnología creada por Microsoft, permite la compatibilidad con componentes ActiveX (acceso a base de datos, scripts, etc) lo que proporciona una gran potencia y flexibilidad. Esta tecnología solo puede ser utilizada en servidores con sistemas operativos de Microsoft.
- **Python, Django:** Se trata de un framework programado en Python que proporciona un conjunto de componentes en el lado del servidor para ayudar a la hora de desarrollar una aplicación web. Sigue el diseño de Modelo-Vista-Controlador, que se trata de un modelo que separa la lógica y datos de la interfaz gráfica y de las comunicaciones y eventos. Cuando un cliente solicita una URL al servidor, esta paso por Django que analizara la URL solicitada y pasara la petición a la función correspondiente llamada vista. En esta función se ejecutara lo necesario para proporcionar al cliente lo solicitado con su URL.
- **Ruby on Rails:** Al igual que Django, Ruby on Rails se trata de un framework para facilitar el desarrollador web programado en Ruby que sigue el diseño de Modelo-Vista-Controlador. El funcionamiento de Django y Rails es muy similar, siendo la principal diferencia el lenguaje en el que están programados, siendo necesario menos código en el caso de Rails.
- **Node.js:** Se trata de un entorno de ejecución multiplataforma de código abierto para el lado del servidor basandose en el lenguaje JavaScript. Este entorno se basa en eventos y gestiona todas las operaciones con una programación asíncrona. Todo

esto facilita el desarrollo de aplicaciones web escalables de manera sencilla y con robustas.

1.2. Robotica

1.2.1. Introducción

El diccionario de la Real Academia Española define robótica como la técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales. El termino robótica proviene del escritor y profesor de bioquímica Isaac Asimov, quien, en su Saga de la Fundación, definió las leyes de la robótica:

- Primera ley: Un robot no puede hacer daño a un ser humano ni, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
- Segunda ley: Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando estas entren en conflicto con la primera ley.
- Tercera ley: Un robot debe proteger su propia integridad, siempre y cuando esto no impida el cumplimiento de la primera y segunda ley.

Desde que Asimov acuñara estas tres leyes, la sociedad a temido lo que los robot puedan hacer al ser humano, desde esclavizarnos hasta quitarnos el trabajo, siendo este miedo el más reciente y el que ha supuesto un mayor freno al desarrollo. Sin embargo, con el paso del tiempo, nos hemos dado cuenta que la robótica tiene una gran utilidad para hacer avanzar la sociedad. Ya no solo pensamos en robótica como en un humanoide que pueda remplazar al ser humano como nos muestran tantas obras literarias y cinematográficas, sino que vemos robótica a lo largo de nuestro día a días, desde un brazo mecánico en una cadena de montaje, hasta un aspirador robótico. Gracias a la robótica, tareas hasta hoy conllevaban riesgos para la salud humana como la desactivación de artefactos explosivos o trabajos con altas temperaturas, o tareas pesadas y repetitivas se pueden realizar de manera más eficiente y fácil gracias a la robotización de las mismas.

Todo robot debe tener una parte hardware (el componente robótico ya sea real o simulado) y una parte software (la lógica de ese componente robótico).

1.2.2. Softwares para el desarrollo de componentes robóticos

El software es el encargado de proporcionar al robot la inteligencia y autonomía necesaria para que realice las funciones o acciones que deseamos. Para facilitar esta tarea, sean creado middleware y bibliotecas específicas.

1.2.2.1. Middleware

Un robot es un sistema complejo ya que es un conjunto de diferentes componentes hardware y software (sensores, actuadores, etc). Para cada robot, sería necesario un software personalizado que sea capaz de: leer y extraer la información necesaria de cada uno de los sensores, calcular y enviar las secuencias de acciones para que realice una determinada tarea o acción, controlar los actuadores, etc. Desarrollar este software se vuelve una tarea compleja e inútil dado que por lo general, si cambiáramos de robot este software no funcionaría de manera correcta. En este escenario es donde un middleware nos proporcionara las herramientas que necesitamos para facilitar en gran medida la labor, ya que nos permitirá estructurar el software separando las diferentes tareas (lectura de sensores, extracción de datos, especificar la velocidad, etc) y haciendo exportable el uso de este software con cualquier otro sistema robótico al tener un marco común de comunicación gracias al middleware. Actualmente hay una gran cantidad de middleware que permiten esta abstracción, siendo algunos de los más destacados los que señalo a continuación:

- Robot Operating System (ROS)¹: Pese a ser un middleware, se podría decir que ROS pretende ser algo más. Nos provee de la funcionalidad que cabría esperar de un sistema operativo (abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, la transferencia de mensajes entre procesos, administración de paquetes, etc). El principal objetivo es permitir la reutilización del código en la investigación y desarrollo de robótica, lanzando paquetes de software que están listos para ser usados por cualquier desarrollador. ROS cuenta con una gran comunidad de colaboradores, que comparten sus paquetes y proyectos, gracias a su sitio web y repositorios.
- Internet Communication Engine (ICE)²: Creado por la empresa ZeroC, se trata de

¹<http://www.ros.org/>

²<https://zeroc.com/>

un middleware orientado a objetos que permite la creación de aplicaciones multilenguaje y multiplataforma, permitiendo la comunicación con diferentes arquitecturas de red (UDP, TCP, WebSockets, etc). ICE no es un middleware robótico propiamente dicho, pero su uso facilita el desarrollo de la conectividad con sistemas robóticos, al permitirnos crear nuestras propias interfaces para el intercambio de datos.

- Open Robot Control Software project (Orocos) ³: Se trata de un proyecto de software libre cuyo objetivo es la creación de un paquete de software para el control de robots.
- Orca ⁴: Se trata de un middleware de código libre que se originó a partir del proyecto Orocos. Orca está diseñado para desarrollar sistemas robóticos basados en componentes. Su principal objetivo es permitir, facilitar y simplificar la reutilización del código entre desarrolladores.
- Middleware for Robots (Miro): Se trata de un middleware orientado a objetos para el control de robots móviles, y basado en CORBA (Common Object Request Broker Architecture). El hecho de que sea orientado a objetos permite la interoperabilidad entre procesos y plataformas cruzadas para el control de robots distribuidos.
- JdeRobot ⁵: Se trata de una plataforma de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de visión artificial y robóticas, compatible con middlewares de comunicación ICE y ROS y desarrolladas principalmente en Python y C++.

1.2.2.2. Bibliotecas

En programación, una biblioteca es una colección de recursos utilizados para el desarrollo de software. Hay multitud de bibliotecas para el desarrollo de sistemas robóticos: bibliotecas para procesar imágenes, interactuar con el robot, procesar elementos 3D, etc. Las bibliotecas más utilizadas son:

- OpenCV ⁶: Es la biblioteca de visión artificial por excelencia. Creada originalmente por Intel, es de código abierto y desarrollada en C++. Actualmente dispone

³<http://www.oroocos.org/>

⁴<https://www.orcaconfig.com/>

⁵<https://jderobot.org/>

⁶<https://opencv.org/>

de interfaces en C++, C, Python, Java y están empezando a desarrollar para JavaScript.

- Point Cloud Library (PCL) ⁷: Se trata de una biblioteca de código abierto que proporciona algoritmos para el procesamiento de nubes de puntos y geometría 3D.
- Bibliotecas de ROS: ROS proporciona bibliotecas para cada lenguaje de programación al que da soporte, ofreciendo una serie de funciones y algoritmos que nos permite crear aplicaciones que interactúan rápidamente con ROS. Las bibliotecas más utilizadas son rospy ⁸, que está desarrollada para Python y roscpp ⁹, que está desarrollada para ser usada con C++. Cabe destacada, también, la biblioteca roslibjs, que ofrece las funcionalidades para JavaScript.

1.2.2.3. Simuladores

Un simulador robótico nos permite imitar el funcionamiento de un sistema robótico para poder probar las aplicaciones, evitando que surjan fallos críticos a la hora de hacerlo funcionar con el sistema real. Estos fallos pueden conllevar averías muy costosas a nivel monetario y de tiempo, que conllevarían retrasos importantes a la hora de realizar el desarrollo. Los simuladores más utilizados son:

- Gazebo ¹⁰: Se trata de uno de los simuladores más utilizados en la actualidad gracias a su fácil manejo y su intuitiva interface. Gazebo es un simulador de código abierto que ofrece múltiples motores de físicas, motores de renderizado avanzado, soporte para plugins y programación en la nube. Además, dispone de un gran número de robots, sensores y cámaras para simular, lo que permite realizar las pruebas de nuestras aplicaciones de forma bastante realista y, así poder utilizar nuestra aplicación con el sistema físico sin miedo a que sufra daños.
- ROS Development Studio (RDS ¹¹): Elaborado por la empresa española TheConstruct, se trata de un simulador web que permite simular sistemas robóticos, a la

⁷<http://pointclouds.org/>

⁸<http://wiki.ros.org/rospy>

⁹<http://wiki.ros.org/roscpp>

¹⁰<http://gazebo-sim.org/>

¹¹<http://www.theconstructsim.com/>

vez que ofrece un editor y una consola para poder crear nuestro código, pero únicamente ofrece soporte para Python gracias a Jupyter. La gran ventaja que ofrece este simulador es que no es necesario realizar ninguna instalación, simplemente registrarte en su página web y acceder con un navegador. Ofrecen desde una versión básica gratuita hasta una versión para expertos con una tarifa mensual.

Existen otros simuladores como son Stage para la simulación en 2D o Webots, pero no tan utilizados como Gazebo o sin las ventajas de RDS.

1.3. Tecnologías web en robótica

1.3.1. Introducción

La utilización de tecnologías web en robótica es aún, pese a su aumento en los últimos tiempos, un campo con poco desarrollo. Sin embargo, debido a las ventajas que ofrece frente a otras tecnologías (el mismo código funciona en cualquier plataforma, no es necesario realizar ninguna instalación, etc) es un campo prometedor de cara al futuro.

Como he mencionado anteriormente, aún no hay muchos desarrollos basados en tecnologías web, siendo el más importante de ellos las bibliotecas y herramientas de código abierto para su utilización con el middleware ROS, elaboradas por la comunidad de Robot Web Tools ¹². Los desarrollos más importantes que han realizado son:

- Rosbridge Suite: Proporciona una interfaz usando JSON para ROS que permite a cualquier cliente enviar JSON para conectarnos con el robot, mediante las capas de comunicación WebSockets, UDP y TCP. Realmente podría entenderse como un servidor intermedio que recibe o envía la información a un cliente web.
- roslibjs: Se trata de la biblioteca que da soporte a la interacción entre una aplicación web desarrollada en JavaScript con ROS.
- ros2djs y ros3djs: Son las bibliotecas elaboradas para gestionar la visualización de elementos en dos y tres dimensiones, respectivamente. Están elaboradas utilizando roslibjs y proporcionan funciones que son estándares en ROS como la elaboración de mapas, el procesado de nubes de puntos o del escaneo laser.

¹²<http://robotwebtools.org/>

Adicionalmente ofrecen una serie de herramientas como son un servidor de video web, una herramienta para mostrar e interactuar con la navegación autónoma del robot, una herramienta para la creación de teleoperadores de robots, etc.

1.3.2. Trabajos Previos

Este proyecto está basado en el TFG elaborado por Aitor Martinez ¹³. En este trabajó, utilizando tecnologías web, creo tres aplicaciones que eran capaces de conectarse con varios sistemas robóticos.

1.3.2.1. CameraViewjs

Se trata de un visualizador de imágenes, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. Esta aplicación permite la visualización de las imágenes recibidas desde un servidor de imágenes, ya sean obtenidas desde una webcam, una cámara conectada a un robot o almacenadas en el dispositivo.

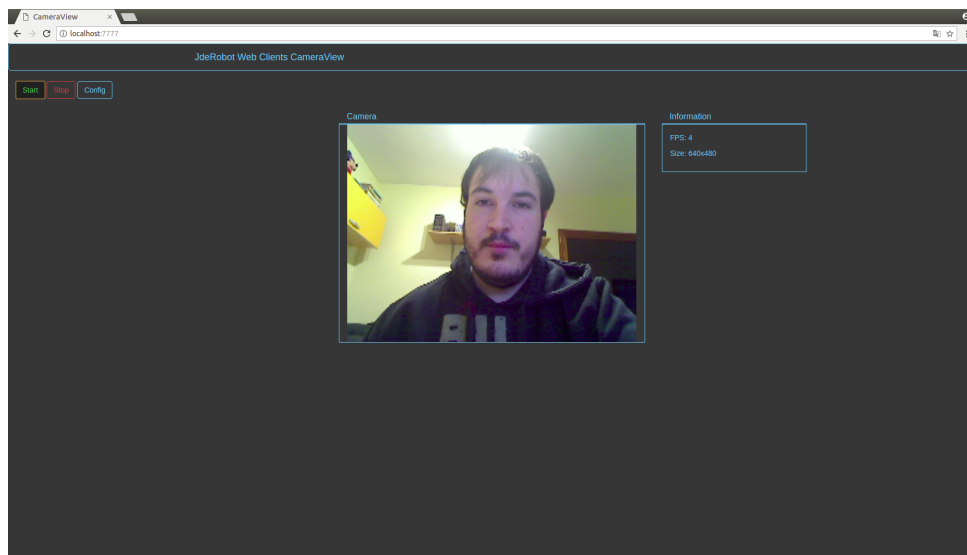


Figura 1.2: CameraViewjs

¹³<https://jderobot.org/Aitormf-tfg>

1.3.2.2. KobukiViewerjs

Se trata de un visualizador y teleoperador de robots del tipo Turtlebot, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. Consta de varias partes, la primera de ellas es mostrar las imágenes obtenidas a través de las dos cámaras de las que dispone el robot (izquierda y derecha), otra parte donde muestra la imagen del escaneo laser obtenida, una representación tridimensional del robot y el movimiento del mismo, y por último, el teleoperador, que envía al robot una velocidad lineal y otra angular para indicar tanto el movimiento en linear recta como la orientación del mismo.

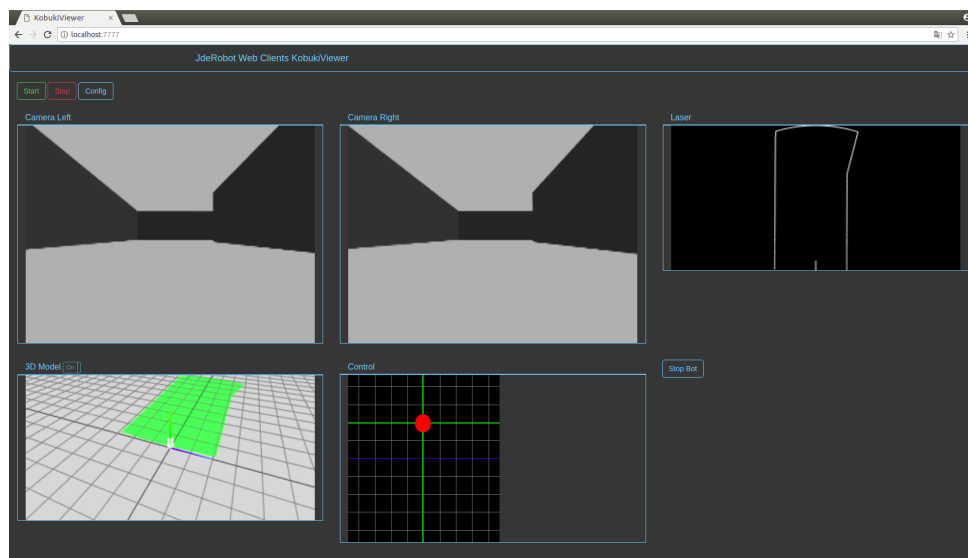


Figura 1.3: KobukiViewerjs

1.3.2.3. UavViewerjs

Se trata de un visualizador y teleoperador de drones, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. La aplicación tiene integrada sobre la misma pantalla el teleoperador y la imagen obtenida de la cámara, pudiéndose elegir si deseamos mostrar la cámara frontal o de abajo del dron. Consta también de una representación tridimensional del dron y de su movimiento. Desde la aplicación se teleopera mediante el envío de una velocidad lineal y otra angular, además se le indica cuando se desea aterrizar y despegar.

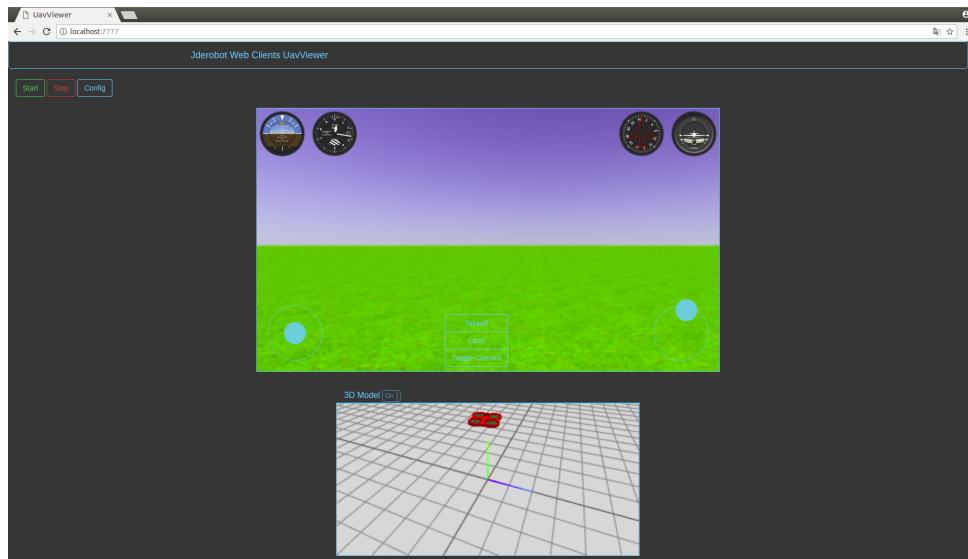


Figura 1.4: UavViewerjs

Capítulo 2

Objetivos

En este capítulo se presentaran los objetivos planteados para este proyecto, los requisitos marcados y la metodología utilizada para alcanzarlos.

2.1. Objetivos

La principal meta de este trabajo es la de enriquecer con tecnologías web las herramientas robóticas existentes en la plataforma JdeRobot. Para alcanzar este objetivo, se ha dividido el trabajo en tres partes:

- Modificar los tres visores elaboradas mediante tecnologías web existentes en la plataforma JdeRobot, CameraViewjs, KobukiViewerjs y UavViewerjs, para su utilización con el middleware ROS, además de ICE como hasta ahora.
- Elaborar un nuevo driver robótico utilizando tecnologías web, cuyo cometido sera el de servidor de imágenes a los distintos visores existentes en JdeRobot.
- Creación mediante tecnologías web, de un nuevo visor, que permitirá la visualización de elementos 3D (puntos, líneas y modelos 3D) que utilizara como middleware de comunicación, ICE.

Además, se ha utilizado el framework Electron en todos ellos para posibilitar que, además de usando un navegador, se puedan ejecutar como si de una aplicación de escritorio se tratase.

2.2. Requisitos

Los requisitos que se han tenido en cuenta a la hora de desarrollar todo el software de este trabajo han sido los siguientes:

- El sistema operativo utilizado ha sido Ubuntu 16.04 LTS y macOS HighSierra, además, gracias a utilizar tecnologías web, todos los componentes pueden ser ejecutados en cualquier sistema operativo.
- Se ha utilizado la versión de NodeJS 8.9.1 y de NPM 6.4.0.
- Los middleware utilizados han sido JdeRobot en su versión 5.6.4, ROS en su versión Kinetic y ICE en su versión 3.6.4.
- Para permitir ejecutar la ejecución de todo los elementos como una aplicación de escritorio, se ha utilizado Electron en la versión 1.8.
- Se ha utilizado HTML5, CSS3 y JavaScript para la elaboración de los software.
- El funcionamiento con el middleware ROS sera mediante la biblioteca Rosbridge Server de RobotWebTools.

2.3. Metodología

La metodología elegida para la ejecución del trabajo ha sido el desarrollo en espiral. Se trata de uno de los modelos más utilizados en el desarrollo de software, y consiste en la realización de una serie de ciclos o iteraciones que se repiten en forma de espiral.



Figura 2.1: Modelo de desarrollo en espiral

Cada iteración o ciclo esta formado por cuatro etapas.

1. Determinación de los objetivos a alcanzar para que el ciclo sea finalizado de manera exitosa.
2. Analizar los riegos que conlleva las elecciones tomadas para realizar el desarrollo, y establecer alternativas para solventar los posibles inconvenientes.
3. Desarrollar y probar los objetivos establecidos en la primera fase.
4. Planificar las siguientes etapas del proyecto, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta interacción.

De cara a poder llevar un mejor control del trabajo, se han tenido reuniones semanales con el tutor, en las que se marcaban los objetivos para la siguiente semana, se exponían dudas o posibles problemas así como se establecen posibles alternativas, y se revisaba el trabajo previo. Con estas reuniones semanales se consigue tener flujo de trabajo constante y fluido, disminuyendo la posibilidad de quedar bloqueado en algún punto durante un largo periodo de tiempo.

Además, se ha elaborado un bitácora en la mediawiki¹ de JdeRobot, donde quede reflejado todos los progresos así como videos demostrativos de los avances. También se dispone de un repositorio en github² donde se ha ido subiendo todo el código para su verificación y prueba por personas externas.

2.4. Plan de Trabajo

De cara a cumplir los objetivos marcados y enfocar mejor los posibles problemas y sus posibles soluciones, lo primero que se ha realizado es una familiarización con el entorno de trabajo.

1. Comprender el funcionamiento de Electron y realización de pequeñas pruebas para aprender a usarlo.
2. Familiarización con el entorno JdeRobot y Gazebo.
3. Comprender el funcionamiento de los visores existentes desarrollados en tecnologías web (CameraViewjs, KobukiViewerjs y UavViewerjs) y ejecutarlos para analizar su funcionamiento.
4. Realizar las modificaciones para que funcionen con el framework Electron.
5. Comprender el funcionamiento de los middleware ICE y ROS, realizando pequeñas pruebas.
6. Modificación de los visores para que funcionen tanto con ICE (como hasta ahora), como con ROS.
7. Creación de nuevo driver para servir imágenes con el middleware ROS.
8. Comprender el funcionamiento del visor 3D existente en la plataforma JdeRobot desarrollado en C++, así como su conectividad con la práctica de Reconstrucción 3D de JdeRobot Academy.
9. Elaboración del visor 3D con tecnologías web y el middleware ICE para que muestre puntos y se conecte con los elementos de la práctica de Reconstrucción 3D.

¹<https://jderobot.org/Rperez-tfg>

²<https://github.com/RoboticsURJC-students/2017-tfg-roberto-perez>

10. Ampliación del visor 3D para que además de los puntos, muestre también segmentos y modelos 3D enviados por un cliente escrito en cualquier lenguaje de programación.

Capítulo 3

Infraestructura

En este capítulo se describirán las tecnologías sobre las que se cimienta este trabajo. Para empezar, se detallará el funcionamiento del framework Electron y Node.js, ya que todo el desarrollo de este trabajo será compatible con él. Se profundizará en los dos middleware utilizados, ICE y ROS, y en el entorno JdeRobot. Para finalizar, se describirá el API para el renderizado de gráficos WebGL, concretamente la biblioteca Three.js, y WebRTC para la conexión con los elementos multimedia.

3.1. Node.js

Node.js ¹ es un entorno multiplataforma del lado del servidor. Concebido con la intención de facilitar la creación de programas de red escalables como puede ser un servidor web, nos permite ejecutar código JavaScript fuera de un navegador y aprovechar las ventajas que nos proporciona su programación orientada a eventos. Su ejecución se lleva a cabo en un único hilo, usando entradas y salidas asíncronas que pueden ejecutarse de manera concurrente, provocando que cada una de ellas necesite de un callback para manejar los eventos.

Node.js proporciona una serie de módulos básicos que permiten realizar funciones esenciales como puede ser la programación en red asíncrona, el manejo de archivos del sistema, etc. Sin embargo, al ser de código abierto, existe una gran comunidad de desarrolladores que crean nuevos módulos para que cualquiera pueda utilizarlos.

¹<https://nodejs.org/es/>

Estos módulos son fácilmente compartidos gracias al manejador de paquetes npm ², permitiéndonos compilar, instalar y manejar las dependencias de cualquier módulo de terceros que deseemos usar en nuestro proyecto.

Por lo general un proyecto Node.js contendrá al menos dos elementos, un archivo .js que contendrá la lógica del programa escrita en JavaScript y un segundo archivo llamado Package.json que definirá nuestro programa. Este segundo archivo es donde se indican las dependencias que usara nuestro programa y nos facilitara su instalación conjunta usando el comando npm install, así como se referenciara al fichero .js indicado anteriormente.

3.2. El entorno ROS

Se trata de un Framework para el desarrollo de software robótico que ofrece las funcionalidades de un sistema operativo (abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, mantenimiento de paquetes, etc.). ROS ofrece una serie de herramientas, bibliotecas y convenciones para simplificar la tarea de crear complejos y robustos robots. Nace con la idea de fomentar el desarrollo colaborativo, es decir que cualquier persona que realice un desarrollo puede subir a los repositorios que ofrece ROS para ello, de modo que otra persona pueda utilizarlo para usarlo en su proyecto.

El elemento fundamental del funcionamiento de ROS es el nodo. Un nodo es un proceso que realiza cálculos y se comunican entre sí mediante un sistema de publicación - suscripción para conexiones asíncronas y anónimas, o servicios para las conexiones síncronas. Los nodos operan en una escala de bajo nivel, es decir cada nodo se ocupa de una parte del sistema de control de robot, por ejemplo un nodo se ocupa de los motores, otro nodo se ocupa de realizar la localización, etc. Este elemento proporciona mayor tolerancia a los fallos al ser bloques separados y aislados, y se reduce la complejidad del código.

En el sistema de comunicación asíncrona, un nodo actúa como publicador que transmite un mensaje con una etiqueta llamada topic por el canal para que sea recibido por cualquier otro nodo que se suscriba a esta etiqueta o topic. El mensaje enviado es una estructura de datos simple, que comprende campos tipados. ROS ofrece una serie de formatos de mensajes estándar que cubren la mayoría de necesidades de uso común (mensajes para sensores, cámaras, movimiento, láseres, nubes de puntos, etc).

²<https://www.npmjs.com/>

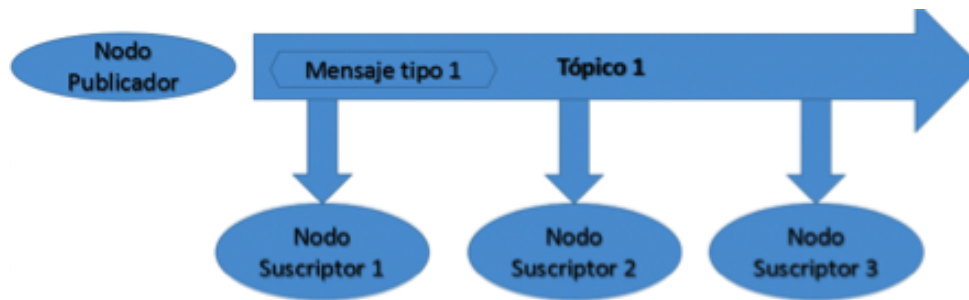


Figura 3.1: Estructura del sistema de comunicación Publicador - Subscriber

El sistema de comunicación síncrona, es el típico sistema cliente-servidor a través del cual un nodo ROS es el prestador del servicio que permanece en escucha continua y el resto de nodos le envían mensajes de solicitud. Cada servicio está definido por el tipo de servicio que define la cantidad y tipo de datos que necesita el servicio tanto para recibir como petición, como para enviar como respuesta.



Figura 3.2: Estructura del sistema de comunicación por Servicios ROS

Un elemento que es muy útil para este proyecto es que ROS nos proporciona total compatibilidad con Gazebo mediante un conjunto de paquetes llamados *gazebo_ros_pkgs*³. En ROS, los paquetes son aquellos donde se incluye todo el código fuente, las librerías usadas y cualquier otro recurso necesario para que funcione el nodo.

³http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs

3.2.1. Robot Web Tools

Comunidad nacida a partir de la de ROS, nos permite conectar aplicaciones web a elementos robóticos gracias a un protocolo llamado Rosbridge. Este protocolo es una especificación de JSON para interactuar con ROS y una capa de transporte para que los clientes se comuniquen mediante WebSockets. Por otro lado, han creado una serie de bibliotecas livianas y fáciles de utilizar de JavaScript que proporcionan una abstracción de la funcionalidad principal de ROS. Estas bibliotecas son `roslibjs`, `ros2djs` y `ros3djs`, sin embargo en este trabajo solo se utilizara `roslibjs`.

La biblioteca `roslibjs` es la encargada de ofrecernos las funcionalidades necesarias para conectarnos, enviar o recibir mensajes ya sea mediante publicación y subscripción, o servicios. La conexión se realiza a un servidor intermedio (servidor Rosbridge), el cual se encarga de gestionar las conexiones, los topic publicados o los servicios activos en cada momento, de modo que cuando te subscribas o realices la petición de un servicio, este servidor se encargue de encaminar la petición mediante WebSockets.

Dado que para este trabajo se va a utilizar JavaScript como lenguaje, se utilizara, en todas las partes relacionadas con ROS, las bibliotecas, servidores y protocolo indicado en esta sección.

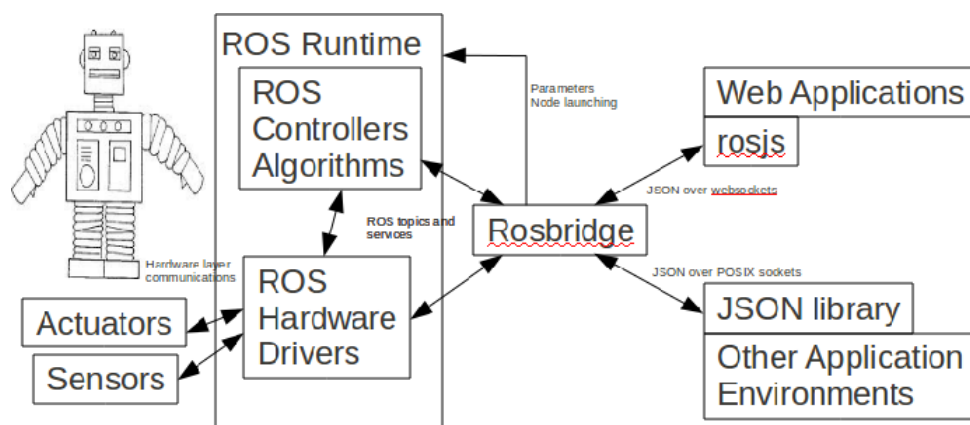


Figura 3.3: Estructura de una aplicación con Rosbridge

3.3. El entorno ICE

Se trata de un Framework orientado a objetos que ayuda a crear aplicaciones distribuidas fácilmente. ICE se ocupa de todas las interacciones con las interfaces de programación de bajo nivel de red (inhibe al desarrollador de la tarea de apertura de puertos, conexiones de red o serialización de datos). El objetivo principal de ICE es facilitar su uso y el desarrollo de aplicaciones, de modo que en muy poco tiempo se pueda aprender a utilizarlo.

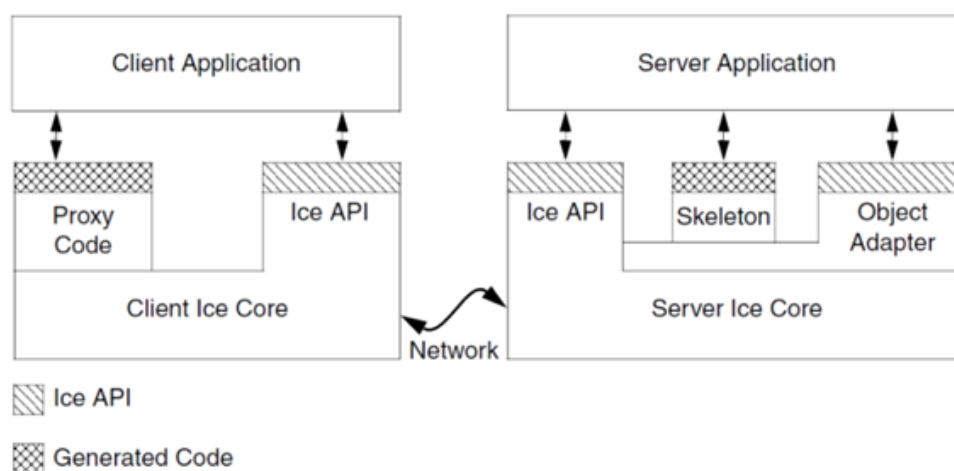


Figura 3.4: Estructura de Cliente - Servidor con Ice

ICE tiene un lenguaje de especificación propio llamado Slice (Specification Language for ICE) que nos permite la abstracción fundamental para separar interfaces de objetos de sus implementaciones. Este lenguaje especifica las interfaces, operaciones y tipos de parámetros utilizados por nuestra aplicación. Cada una de las aplicaciones que queramos que interaccionen entre sí, deben compartir la misma descripción Slice. Esta descripción es independiente del lenguaje en el que está desarrollada nuestro cliente o servidor de modo que sea posible su utilización con clientes y servidores escritos en diferentes lenguajes de programación.

Para este trabajo se va a utilizar su versión para JavaScript, sin embargo el soporte para este lenguaje es relativamente reciente, por lo que muchas de las funcionalidades que ofrece para otros lenguajes de programación como C++ o Python, no están disponibles para JavaScript. Sobre todo este hecho es manifiesto en que no hay soporte para la creación

de un servidor completo mediante JavaScript, por ello durante este trabajo se ha optado por utilizar ICE únicamente como cliente, con las ventajas e inconvenientes a los que se hará referencia en próximos capítulos.

3.4. La plataforma JdeRobot

JdeRobot ⁴ es el framework de software libre para el desarrollo de robótica y visión artificial creado por el grupo de robótica de la Universidad Rey Juan Carlos y licenciado bajo GPL v3 ⁵. Su desarrollo principalmente está realizado mediante C, C++ y Python, incorporando desarrollo en JavaScript como el tratado en este trabajo.

JdeRobot está basado en componentes que son interconectados mediante el uso de middlewares como ICE o ROS, facilitando el acceso a los dispositivos hardware. Estos componentes obtienen mediciones de los sensores u ordenes del motor a través de llamadas a funciones locales. JdeRobot conecta esas llamadas a drivers conectados a sensores (para la recepción de las mediciones) o actuadores (para las ordenes), ya sean reales o simulados. Estas funciones locales forman la API de la capa de abstracción. La plataforma también ofrece una serie de herramientas para facilitar la teleoperación o el tratamiento de las mediciones de los sensores, y bibliotecas.

3.5. WebGL y Three.js

WebGL ⁶ es un API multiplataforma utilizada para crear gráficos 3D utilizando tecnologías web, está basado en OpenGL y utiliza parte de su API. WebGL se ejecuta dentro del elemento HTML Canvas, o que proporciona una completa integración con la interfaz DOM. Ofrece ventajas como la compatibilidad con distintos navegadores y plataformas, no es necesario compilar para su ejecución o la interacción con otros elementos del HTML. Sin embargo, debido a que se trata de un API de bajo nivel es complejo de utilizar.

Three.js ⁷ nace como remedio a la complejidad de usar WebGL. Se trata de una

⁴https://jderobot.org/Main_Page

⁵<http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0-standalone.html>

⁶<https://get.webgl.org/>

⁷<https://threejs.org/>

biblioteca desarrollada en JavaScript que permite crear y mostrar gráficos 3D en un navegador web usando una API de alto nivel, proporcionados funciones y objetos para facilitar la creación, interacción y visualización de entornos con gráficos 3D. Utilizando secuencias de código tan simples como `object = new THREE.Mesh(new THREE.SphereBufferGeometry(75, 20, 10), new THREE.MeshBasicMaterial(color:0xFF0000))`, nos permite crear una esfera siendo la primera parte donde se define la geometría y la segunda donde se establece el material (puede ser desde un color básico como en este caso, hasta una textura obtenida desde una imagen)

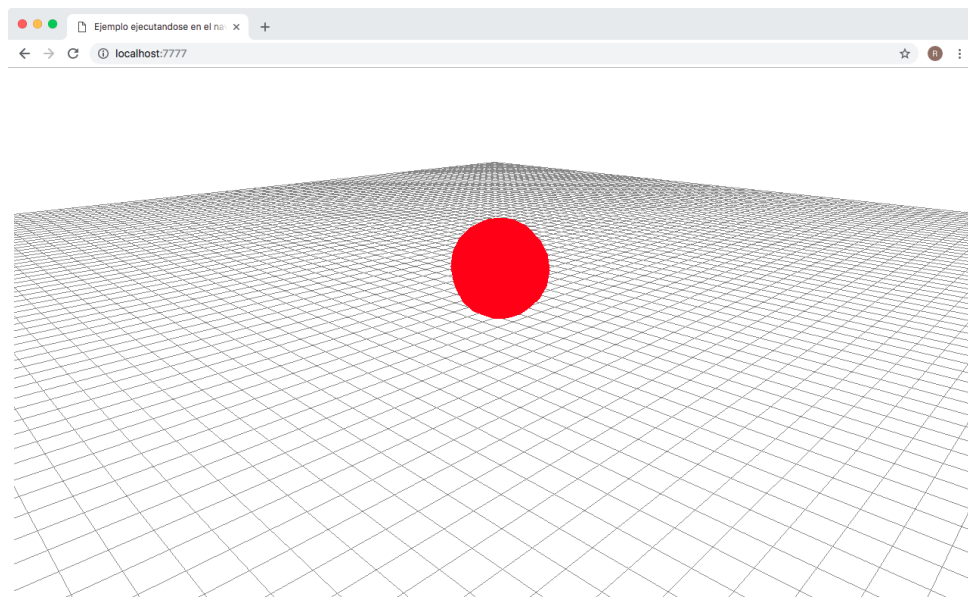


Figura 3.5: Esfera creada con la biblioteca Three.js y mostrada en un navegador

3.6. WebRTC

WebRTC ⁸ una tecnología que permite a una aplicación web capturar y transmitir audio y video, así como intercambiar datos con otros navegadores sin necesidad de intermediarios. Este intercambio se realiza de igual a igual (peer-to-peer) sin necesidad de instalaciones o softwares adicionales. WebRTC proporciona varias API y protocolos interrelacionados para dar a los navegadores y aplicaciones móviles la capacidad de intercambiar elementos multimedia en tiempo real (Real Time Communications). Esta tecnología esta soportada en los principales navegadores y tiene el soporte de Google.

⁸<https://webrtc.org/>

En este proyecto, usaremos WebRTC para la adquisición de del video obtenido a través de una cámara web. Para lograr este objetivo, se utilizara el API de WebRTC Media Stream, que nos proporcionara la descripción de los flujos de datos de audio y video, los métodos para trabajar con ellos, la conexión con los dispositivos para adquirirlos, las limitaciones asociadas a cada tipo de datos o los eventos asociados al proceso.

3.7. El framework Electron

Electron ⁹ es un framework de código abierto desarrollado por GitHub. Comenzó su desarrollo en 2013, en el mismo grupo de trabajo del editor Atom ¹⁰. Concebido con la idea de permitir la creación de aplicaciones de escritorio multiplataforma con tecnologías web. Electron es la combinación de NodeJS y Chromium ¹¹ en una misma ejecución.

La arquitectura de una aplicación que utiliza Electron esta formada por dos procesos: Principal y Renderizador.

El proceso principal es el encargado de generar la interfaz de usuario mediante la creación de páginas web y las administra de modo que es posible mostrar mas de una pagina web al mismo tiempo. Esta labor se realiza mediante la instancia al objeto BrowserWindow de Electron, ejecutandose una página web cada vez que se instancia. Cuando se destruye una de estas instancia, se esta cerrando esa página web. Cada aplicación con Electron debe constar de un único proceso principal, y corresponderá al script main del archivo package.json.

El proceso renderizador es cada instanacia al objeto BrowserWindow y la ejecucion de la página web correspondiente. Una aplicación con Electron puede tener multitud de procesos renderizadores, siendo cada uno independiente del resto. Cada proceso solos se preocupa de la página web que se esta ejecutando en él.

Electron es totalmente compatible con NodeJS tanto en el proceso principal como en el renderizador, por lo que todas las herramientas disponibles para Node.js, también lo están para Electron. Así mismo, es posible utilizar módulos Node.js alojados en el repositorio de paquetes npm mencionado anteriormente. Este nos aporta un gran número de ventajas

⁹<https://electronjs.org/docs>

¹⁰<https://atom.io/>

¹¹<https://www.chromium.org/Home>

como una mayor seguridad al cargar contenido remoto, tener siempre actualizadas nuestras aplicaciones o tener un gran número de bibliotecas disponibles.

Todas las aplicaciones desarrolladas en este trabajo podrán ser ejecutadas utilizando Electron, lo que nos permite utilizarlas en cualquier plataforma o, incluso, empaquetarlas usando npm o mediante un archivo Asar ¹².

Una aplicación que utiliza Electron estará formada por un archivo HTML, un fichero main.js que definirá la ventana donde se mostrara el fichero HTML y se creara la misma, y, al igual que se indica en la sección de Node.js, el archivo Package.json que definirá nuestra aplicación en Electron (nombre, versión, descripción, etc.), se indicaran las dependencias a módulos externos y el fichero main.js para que cree la aplicación. Una vez que contamos con al menos estos tres elementos, podemos instalar las dependencias mediante npm install (igual que para Node.js) y ejecutar la aplicación mediante npm start o npm test (dependerá de como hayamos definido Package.json).

En la figura 3.6 se muestra el mismo HTML ejecutado con Node.js y con Electron. Como se puede apreciar, el resultado es el mismo.

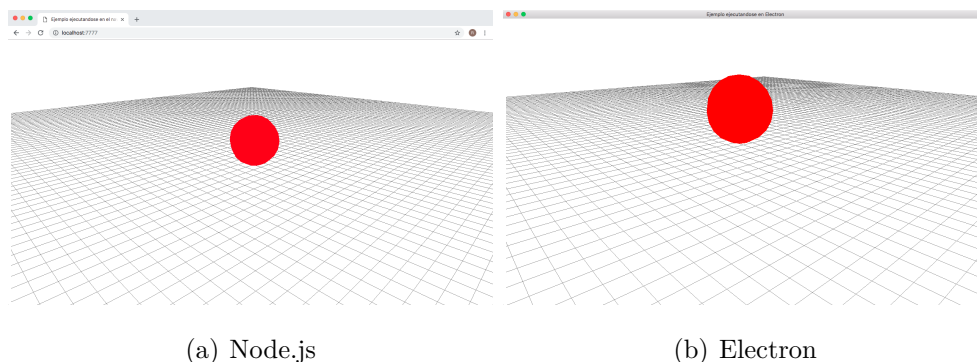


Figura 3.6: Ejemplo de la esfera anterior ejecutado con Node.js y con Electron

¹²<https://github.com/electron/asar>

Capítulo 4

Servidor web de imágenes mediante ROS

En este capítulo expondrá la creación de un nuevo driver para la plataforma JdeRobot. Este driver será un servidor de imágenes al que se ha llamado camServerWeb, obtenidas mediante una webcam (ya sea externa o interna del ordenador) de modo que cualquier aplicación externa pueda obtener las imágenes obtenidas.

4.1. Introducción e infraestructura

Este driver está diseñado con JavaScript y HTML como lenguajes de programación, y ROS como middleware para la interconexión con los diferentes clientes. La imagen 4.1 muestra un esquema de funcionamiento.

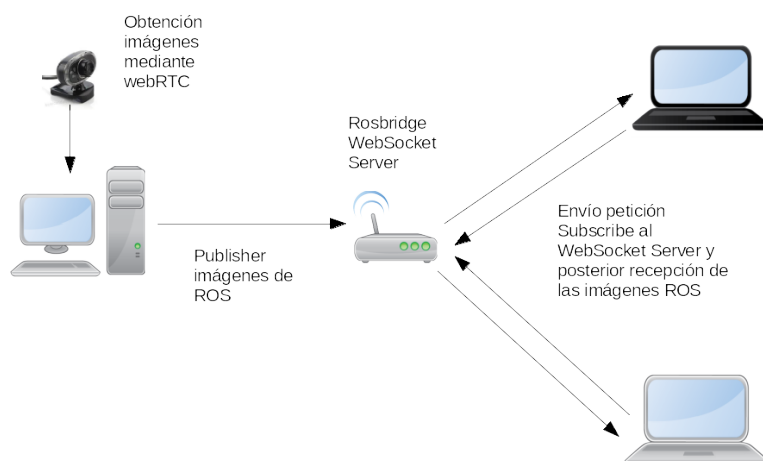


Figura 4.1: Esquema del funcionamiento del servidor de imágenes

La imagen se obtiene de la webcam de la que se desee (por defecto se selecciona la webcam interna del ordenador) mediante webRTC. Esta imagen se transmite mediante el middleware ROS utilizando el modelo Publicador/Subscriptor. El driver será el Publicador, y lo hará estableciendo un topic o etiqueta y usando las imágenes comprimidas de ROS (CompressedImage). Dado que, como se ha explicado en los capítulos anteriores, ROS no ofrece soporte por defecto para JavaScript, se usa roslibjs. Una vez se ha comenzado a publicar las imágenes, cualquier aplicación que se suscriba al topic, podrá recibirlas, dando igual el lenguaje de programación o sistema operativo que utilice. El driver se divide en tres partes, una primera parte que es la interfaz gráfica, una segunda que es la conexión y obtención de las imágenes, y la tercera y última que es la correspondiente a la transmisión mediante ROS.

4.2. Interfaz gráfica

Dado que es un driver y su cometido no es mostrar nada, la interfaz gráfica que se ha creado es muy simple. En ella únicamente se mostrara si está conectado y a la IP y Puerto al que lo está. La interfaz está realizada mediante HTML y Bootstrap, siguiendo

el modelo del resto de aplicaciones web de la plataforma JdeRobot.

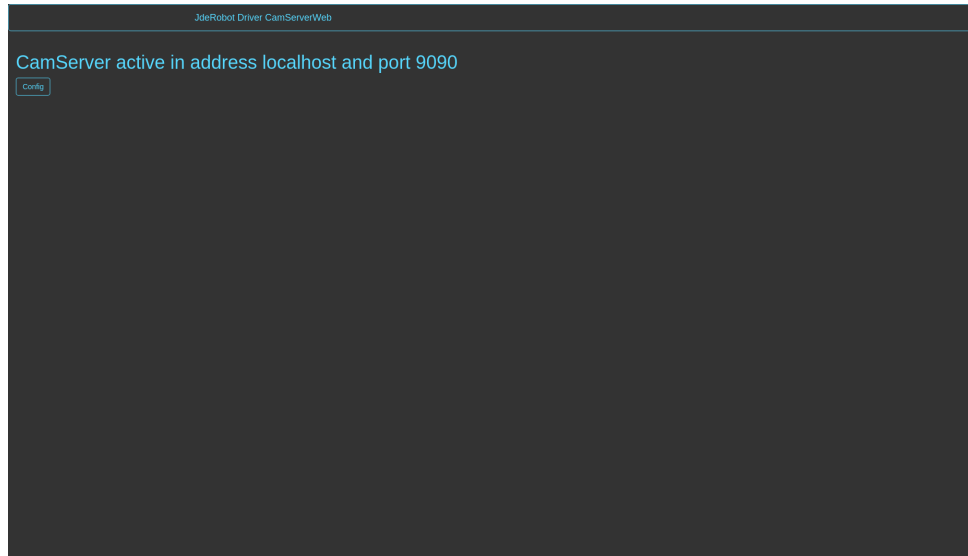


Figura 4.2: Interfaz gráfica del driver

La única funcionalidad destacable de la interfaz y el motivo para que haya sido necesario aportar una interfaz, es el menú de configuración. En este menú el usuario establecerá la IP y el puerto por el que se va a transmitir los mensajes, el topic al que se deberán subscribir los clientes y el tipo de mensajes, y la cámara de la que queremos obtener las imágenes que, como se indica anteriormente, por defecto será la interna del ordenador.

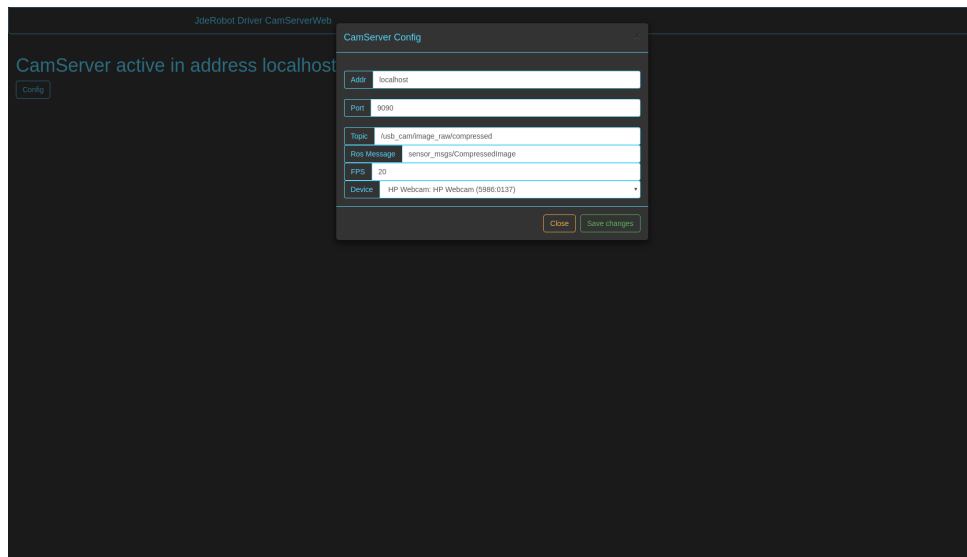


Figura 4.3: Menu de configuración del servidor de imágenes

4.3. Adquisición de las imágenes

Para la obtención de las imágenes, como se ha indicado anteriormente, se hace uso del proyecto de código abierto webRTC, que nos permite la transmisión en tiempo real de audio, video y datos. Mediante webRTC, obtenemos las imágenes de una cámara utilizando muy pocas líneas de código, lo que nos facilita enormemente el trabajo. El único problema que se ha tenido que tener en cuenta y solucionar, es el formato en el que se obtienen esas imágenes que es incompatible con ROS, por lo que se han tenido que llevar a cabo modificaciones en el formato de la imagen.

Lo primero que se debe realizar es recopilar todos los dispositivos conectados al ordenador y separar los dispositivos de video, que son los que realmente nos interesan. Para lograrlo, se utiliza el api Navigator de webRTC, proporcionándonos el objeto `navigator.mediaDevices`, al cual si le añadimos `.enumerateDevices().then(function (devices){}`, obtenemos todos los dispositivos multimedia conectados al ordenador donde se esta ejecutando. Una vez que ya tenemos todos los dispositivos, simplemente nos interesan como se ha indicado anteriormente, aquellos dispositivos capturadores de video, es decir serán aquellos dispositivos cuyo tipo es de entrada de video (en nuestro código sería un condicional `if (devices.kind == "videoinput")`). La lista de dispositivos se mostrara en el menu de configuración, mostrado en la sección anterior, mediante un campo desplegable

como se muestra en la siguiente imagen:

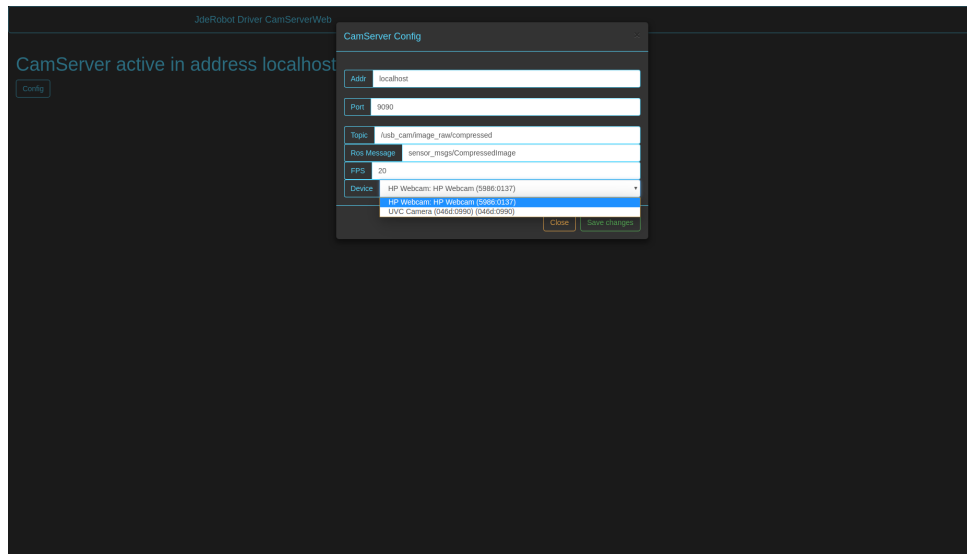


Figura 4.4: Selector del dispositivo de entrada de video

Una vez que seleccionamos el dispositivo que vamos a utilizar para adquirir las imágenes, hay que conectarse a él. Para esta conexión, volvemos a utilizar la API de webRTC, Navigator y el objeto `Navigator.mediaDevices`, sin embargo en esta ocasión utilizamos el método `navigator.mediaDevices.getUserMedia(constraints).then(function(stream) {})`, donde `constraints` define los dispositivos multimedia (en este caso el dispositivo de entrada de video escogido) y `stream` es el flujo de datos obtenido de ellos. Este flujo de datos está en el formato `MediaStream`, el cual no es apto para ser enviado o visualizado, por tanto es necesario realizar una reconversión. Para realizar la reconversión, vamos a utilizar el elemento de HTML `canvas` y el método JavaScript asociado a este elemento `toDataURL()`. Este método nos devuelve un `data URI` (URLs prefijados que permiten a los creadores de contenido incorporar pequeños archivos en línea en los documentos) que contiene una representación de la imagen en el formato especificado por el parámetro `type`, tomando en nuestro caso el valor `"image/jpeg"`, para obtener las imágenes en el formato comprimido `jpeg`. Todo esto estará contenido en un `canvas` virtual, ya que no se mostrará en ningún lugar y únicamente se utilizará como pasarela entre el API de webRTC y el envío de las imágenes.

4.4. Conexión y transmisión de las imágenes mediante ROS

En esta sección se explicara cómo realizar la conexión a ROS y el posterior envío de imágenes mediante un Publisher de ROS. Como se indica en los capítulos anteriores, dado la limitación y la política de privacidad las tecnologías web, es necesario la existencia de un servidor intermedio que estará escuchando en una dirección IP y en un Puerto determinado, y hará las funciones de control de acceso y encaminamiento.

4.4.1. Establecer conexión con ROS

Para realizar la conexión es necesario el uso de la biblioteca `roslibjs` y que se ha explicado en capítulos anteriores. Esta biblioteca nos proporciona todo el código necesario para realizar la conexión, indicándonos si se ha realizado correctamente o a si ha ocurrido algún error. Para realizar la conexión, la biblioteca `roslibjs` nos proporciona el objeto `ROSLIB.Ros`, y el método proporcionado por este objeto, `ros.on`. El código para establecer la conexión queda como sigue:

```
ros = new ROSLIB.Ros();  
ros = new ROSLIB.Ros({  
    url : "ws://IP:Puerto"  
});
```

En este código, indicaremos que la conexión se hará utilizando un canal de comunicación WebSocket, y la IP y puerto por la que se transmitirá. De esta forma ya habremos establecido la conexión ROS, pero aún deberemos definir el tipo de mensaje a enviar y a través de que etiqueta de ROS (topic de ROS) nos pueden localizar los clientes que deseen obtener lo que nuestro servidor de imágenes esta transmitiendo.

4.4.2. Definición de los mensajes ROS

El tipo de mensaje que vamos a utilizar para el envío sera el tipo predefinido en el API de ROS, `"sensor_msgs/CompressedImage"`. El motivo de la elección de este tipo es debido a que las imágenes se obtienen en formato comprimido `"jpeg"`, tal y como

se ha explicado en la sección anterior. Sin embargo, este tipo de mensaje no envía información acerca del tamaño de la imagen (altura y anchura), por lo que es necesario enviar otro mensaje adicional para completar esta información. Este mensaje de apoyo será de tipo "sensor_msgs/CameraInfo" transmitirá toda la información sobre la cámara (frames por segundo, altura, anchura, etc). Para definir estos dos mensajes, se utiliza el objeto proporcionado por la biblioteca roslibjs, ROSLIB.Topic. A este objeto se le deben introducir como parámetros el objetos ROSLIB.Ros generado para realizar la conexión, el nombre del topic y el tipo de mensaje, por lo que generaremos nuestro Publisher para servir las imágenes (el Publisher para la información de la cámara sera similar) mediante el siguiente código:

```
var imagenTopic = new ROSLIB.Topic({
  ros:ros,
  name: "mi_servidor_imagenes",
  messageType : "sensor_msgs/CompressedImage Message"})
```

4.4.3. Creación de los mensajes y publicación

Definidos los mensajes y establecida la conexión, el siguiente paso es transmitir los mensajes. Para ello se deben crear los mensajes con la información que deseamos transmitir con el Publisher, utilizando de nuevo un objeto definido en la biblioteca roslibjs, new ROSLIB.Message. Para crear este objeto, debemos pasar por parámetros el contenido que queramos que tenga nuestro mensaje, siempre cumpliendo las especificaciones definidas para cada tipo de mensaje escogidos anteriormente y que están definidas en la documentación de ROS ¹. En nuestro caso, para definir los dos mensajes que transmitiremos lo haremos mediante el siguiente código para el caso de la transmisión de las imágenes:

```
var videomensaje = new ROSLIB.Message({
  format : "jpeg",
  data : data.replace("data:image/jpeg;base64,", "")
})
```

De el anterior código cabe destacar que data corresponde a los datos obtenidos mediante

¹http://wiki.ros.org/common_msgs

el método `toDataURL` indicado anteriormente, reemplazando la cabecera donde se indica el formato, ya que el formato ya se indica en el propio mensaje mediante `format`. Para el mensaje donde se transmite la información de la cámara usaremos el siguiente código:

```
var camarainfo = new ROSLIB.Message({
  height: imagen.height,
  width: imagen.width})
```

Creados los mensajes, solo nos falta publicarlos, lo que se consigue de una manera sencilla mediante

```
imageTopic.publish(imageMessage);
cameraInfo.publish(infoMessage);
```

Se puede apreciar fácilmente que lo que estamos haciendo es publicar los dos mensajes creados mediante la estructura definida anteriormente. Finalmente, es necesario enviar de una manera periódica estos mensajes, ya que con lo indicado anteriormente, únicamente estamos enviando un mensaje de cada. Para crear un envío periódico, se hace uso del método de JavaScript `setInterval()`. Este método llama a una función o evalúa una expresión cuando pase un intervalo de tiempo (en milisegundos), que se indica en la llamada al método junto a la función que se quiere ejecutar cuando se cumpla el citado intervalo.

4.5. Adaptación para su funcionamiento con Electron

Hacer funcionar el servidor de imágenes con Electron es muy simple, únicamente deberemos generar un archivo JavaScript, que será el encargado de generar la ventana y mostrar el fichero HTML que contendrá la interfaz gráfica, y crear el archivo `package.json`.

4.5.1. package.json

Como se indicó en capítulos anteriores, Electron funciona bajo Node.js y su gestor de paquetes, npm, este hecho, nos obliga a que tengamos que generar este archivo `package.json`. El cometido del mismo será definir las dependencias de paquetes de terceros que tendrá nuestro driver, definir las características de nuestro driver (nombre, versión,

autor, etc.) y, lo que es más importante, de que manera se lanzara nuestra driver y el archivo que se debe ejecutar al lanzarla. En el caso del servidor de imágenes, la dependencia será con Electron (tiene más dependencias pero no son vitales para su ejecución), el archivo principal, al que se ha nombrado como "main.js", será el encargado de generar la ventana, tal y como hemos indicado anteriormente, y se lanzara a través del framework Electron. Por lo tanto, el package.json quedará como sigue:

```
{
  "name": "CamServerWeb",
  "version": "0.1.0",
  "main": "main.js",
  "scripts": {
    "start": "electron ."
  },
  "dependencies": {
    "electron": "^1.8.4",
  }
}
```

4.5.2. main.js

El archivo "main.js" indicado anteriormente, contendrá muy pocas líneas de código al tratarse de un elemento totalmente externo a nuestra driver y no tener ningún papel en el funcionamiento de el driver, únicamente es necesario para ejecutar el driver utilizando Electron. A continuación se muestra el código de este archivo:

```
const app = require('electron')
const path = require('path')
const url = require('url')

let win;

function createWindow () {
  win = new BrowserWindow({width: 1800, height: 1000})
  win.loadURL(url.format({
    pathname: path.join(__dirname, 'camserver.html'),
```



```
    protocol: 'file:',  
  }))  
  
app.on('ready', createWindow)
```

Lo primero que se realiza es definir los módulos que se requieren para que funcione correctamente y que se utilizaran en el resto del código. Posteriormente, se define el tamaño de la ventana, en este caso la ventana sera de 1800 pixeles de ancho y 1000 de alto. Mediante `win.loadURL` se simula el funcionamiento de un navegador y como gestionan las diferentes URLs, este método se le pasara como parámetros el archivo HTML principal de nuestra driver, en otras palabras, el archivo HTML que activa el funcionamiento de el driver al contener la lógica de la misma, el protocolo que este caso es "file:", al estar queriendo mostrar directamente de un archivo HTML (si quisiéramos mostrar mediante Electron el contenido de una página web ya existente, protocol tomaría el valor "http:"). Finalmente, la última de código llamara a la función que crea la ventana y muestra el HTML en el momento que Electron haya terminado de inicializarse y esta preparado para la creación de la ventana.

4.6. Ejecución del servidor de imagenes

Como hemos visto anteriormente, el driver puede ejecutarse a través de dos vías: Electron y Node.js. Sin embargo, la preparación para que funcione correctamente es la misma para ambas vías, siendo la única diferencia la forma de ejecutar el driver. En un primer terminal o consola se debe ejecutar el servidor intermedio de ROS explicado en capítulos anteriores.

```
roslaunch rosbridge_server rosbridge_websocket.launch
```

El segundo terminal será donde lanzamos el driver, por lo que tenemos dos formas de hacerlo:

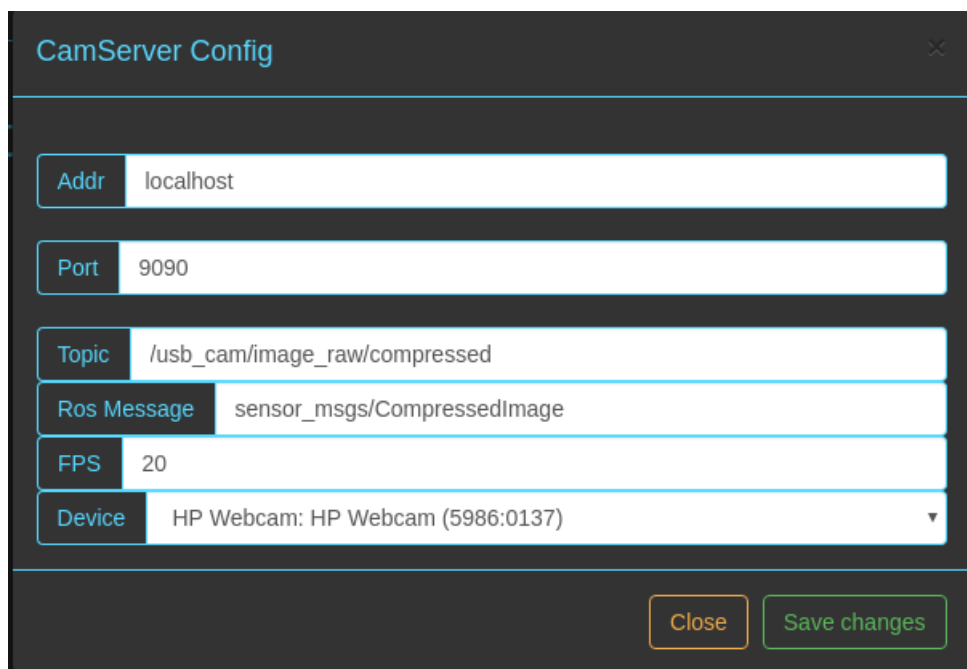
- Con Node.js

```
node run.js  
Arrancamos nuestro navegador favorito y ponemos la url http://localhost:7777/
```

- Con Electron

```
npm install  
npm start
```

En ambos casos debemos configurar el driver para que se conecte con el servidor intermedio, en la imagen 4.5 muestra una posible configuración del driver.



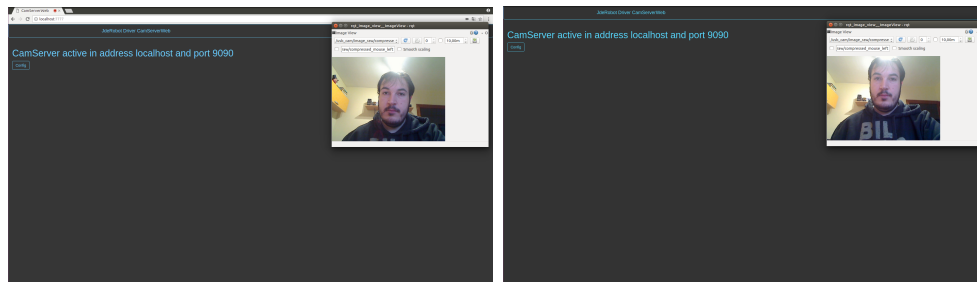
The image shows a 'CamServer Config' window with a dark background and light blue text. It contains several input fields with labels on the left and values on the right:

- Addr:** localhost
- Port:** 9090
- Topic:** /usb_cam/image_raw/compressed
- Ros Message:** sensor_msgs/CompressedImage
- FPS:** 20
- Device:** HP Webcam: HP Webcam (5986:0137) (with a dropdown arrow)

At the bottom right, there are two buttons: 'Close' (orange outline) and 'Save changes' (green outline).

Figura 4.5: Ejemplo de configuración del driver

Finalmente, para verificar que esta funcionando correctamente, en un tercer terminal lanzaremos la herramienta `rqt_image_view`, facilitada por ROS para visualizar imágenes enviadas a través de un mensaje de ROS.



(a) Node.js

(b) Electron

Figura 4.6: camServerWeb ejecutado con Node.js y con Electron

Capítulo 5

Visor web de componentes 3D

Capítulo 6

Visores web modificados para ser usados con Electron

Capítulo 7

Conclusiones