



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

RobotUI:
Interfaz de usuario de configurable

Manuel López Urbina

5 de febrero de 2017



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

RobotUI:
Interfaz de Usuario de propósito general

- Departamento: Ingeniería en Automática, Electrónica, Arquitectura y Redes de Computadores
- Director del proyecto: Arturo Morgado Estévez
- Autor del proyecto: Manuel López Urbina

Cádiz, 5 de febrero de 2017

Fdo: Manuel López Urbina

Agradecimientos

Este proyecto significa la culminación de mi carrera, por lo que me gustaría dedicárselo a todas las personas que me han ayudado a conseguir acabarla.

En primer lugar me gustaría agradecerle, de igual modo que en el PFC de la Ingeniería Técnica, a mi familia el apoyarme y ayudarme durante estos años, y el esfuerzo que han hecho para que yo haya podido culminar mi ingeniería.

Mención especial para Natalia Luciano, mi pareja, la cual ha estado siempre apoyándome en mis objetivos y tanta paciencia y comprensión me ha mostrado tras tantos días, meses e incluso años de estudio y dedicación.

Agradecimientos a D. Arturo Morgado por su ayuda y dedicación durante la realización y dirección de este proyecto, así como su carácter amable y servicial que han hecho más ameno el trabajo realizado.

También me gustaría agradecérselo a mis compañeros, con los que tantos ratos inolvidables he pasado, y que tanto me han ayudado.

Por último quiero dedicarle este proyecto a todos los estudiantes de informática, en especial a todos los amantes del fascinante mundo de la robótica, a los que espero que mi trabajo les sea de utilidad.

Licencia

Este documento ha sido liberado bajo Licencia GFDL 1.3 (GNU Free Documentation License). Se incluyen los términos de la licencia en inglés al final del mismo.

Copyright © 2017 Manuel López Urbina.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Resumen

RobotUI es un proyecto web para el control de dispositivos robóticos y compartirlos con otros usuarios.

Palabras clave: Internet, aplicación web, robótica, robots, interfaz de usuario, streaming de vídeo, control remoto, robot sharing, Sails.js, Node.js, Socket.io, Websockets, compartir.

Índice general

Índice general	I
Índice de figuras	III
1. Introducción	1
1.1. Introducción y antecedentes	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Acerca de este documento	4
2. Estado del arte y tecnologías utilizadas	7
2.1. Estado del arte de herramientas para monitorizar información	7
2.2. Tecnologías utilizadas	7
2.2.1. \LaTeX	7
2.2.2. PyCharm	7
2.2.3. Bitbucket	8
2.2.4. Git	8
2.2.5. Digital Ocean	8
Anexos	11
.1. Instalación de Node.js	11
.2. Instalación Sails.js	11
.2.1. Prerrequisitos	11
.2.2. Instalación	12
.3. Instalación de MongoDB	13
.3.1. Prerrequisitos	13
.3.2. Instalación	13
.4. Instalación de WebStorm	15
.5. Robomongo	15
.6. Git	15
.6.1. Prerrequisitos	15
.6.2. Instalación	15
.6.3. Configuración	15
.7. Despliegue	16
Bibliografía	17
GNU Documentation Free License	19

Índice de figuras

1.1. Logo RobotUI ¹	2
1.2. Vehículo utilizado ²	3
2.1. Droplet desplegado en digital ocean	9
2. Iniciando Sails ³	12
3. Sails en funcionamiento ⁴	13

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción y antecedentes

La robótica es una rama de la ingeniería, la cual se ocupa del diseño, construcción, operación y uso de robots¹, así como sistemas informáticos para su control, retroalimentación sensorial y procesamiento de información. Entre las diversas disciplinas aplicadas a la robótica podemos encontrar: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física, entre otras muchas. En conclusión, podemos considerar la robótica como una ciencia multidisciplinar.

En la actualidad, los robots comerciales e industriales son ampliamente utilizados y cada día realizan tareas de forma más exacta o más barata que los humanos. También se les utiliza en trabajos demasiado sucios, peligrosos o tediosos. Los robots son muy utilizados en plantas de fabricación, montaje y embalaje, en transporte, en exploraciones en la Tierra y en el espacio, cirugía, armamento, investigación en laboratorios y en la producción en masa de bienes industriales o de consumo. Otras aplicaciones incluyen la limpieza de residuos tóxicos, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres. En definitiva, la robótica está presente en prácticamente cualquier ámbito que podamos imaginar en la actualidad.

Por otra parte, ninguno de los sistemas robóticos actuales podrían ser funcionales sin un software adecuado para su manejo y control, en ocasiones siendo éste tremendamente complejo y específico para garantizar una correcta sincronización entre los diferentes elementos hardware y software implicados con la finalidad de garantizar un correcto funcionamiento del conjunto robótico.

Por estas razones, cada vez son más las escuelas que hacen uso de la robótica para que los estudiantes se interesen en la tecnología ya que pueden encontrar un entorno divertido donde aprender, y que ofrece multitud de ventajas:

1. Los niños lo encuentran divertido Hay varios concursos orientados a distintos

¹Robot: Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones.

grupos de edad que pueden canalizar la competencia de una manera positiva. Por ejemplo, se le puede pedir a los niños que construyan un robot y luego hacer competiciones.

2. Es una manera eficaz de enseñarles programación a los estudiantes La programación puede ser muy abstracta. Al tener que controlar un robot físico y ver lo que sale mal, los estudiantes aprenden lo que los robots pueden y no pueden hacer. También aprenden la necesidad de dar instrucciones precisas.
3. Desarrolla habilidades útiles Capacidad de resolución de problemas, trabajo en equipo, capacidad de análisis, y un largo etcétera.

AÑADIR MAS VENTAJAS

De lo anterior se extrae la necesidad de elaborar un sistema que, además de acercar la robótica a los estudiantes, permita compartir las creaciones con otros usuarios en internet. Todos hemos visto alguna vez vídeos en las redes sociales donde los usuarios nos muestran sus dispositivos en funcionamiento donde, en ocasiones, nos gustaría poder tomar control sobre ellos o visualizar su manejo en tiempo real.

Por tanto el sistema resultante debe cubrir dos necesidades principales, la primera, dotar al usuario de las herramientas necesarias para permitir la configuración de una interfaz de control de sus dispositivos sin necesidad de amplios conocimientos de programación, y la segunda, cubrir la necesidad paralela en la que los usuarios, orgullosos de sus creaciones, dispongan de una manera de compartir sus robots con el resto del mundo de una manera más dinámica. Es decir, en la que otros usuarios, a modo de espectadores, puedan visualizar el control de los dispositivos por parte de su creador, como si de una sesión de vídeo en streaming se tratara. También se dotará de la posibilidad de permitir el control por otros usuarios externos. En la actualidad no existe ningún medio eficaz donde hacer una difusión de la robótica de una manera similar.

Dada la problemática actual presentada, junto con que la programación web y la robótica son temas que causan en mí un especial interés, hicieron que me lanzara a la elaboración de este proyecto que unifica ambos campos anteriormente citados.

Así surgió *RobotUI* y con él un nuevo concepto llamado *RobotSharing*.



Figura 1.1: Logo RobotUI ².

RobotUI (nombre del sistema resultante) será una combinación de un elemento software (aplicación web) y hardware (vehículo de pruebas y demostración) surgido como

²Logotipo RobotUI.

muestra de la solución obtenida a los citados problemas.

El elemento hardware de este proyecto se compone de un vehículo controlado vía WiFi el cual responde a una serie de señales *comandos* a los que responde realizando determinadas acciones. La interfaz web se configurará de tal manera que permita el control del susodicho vehículo.



Figura 1.2: Vehículo utilizado ³.

1.2. Objetivos

Como hemos visto, se requiere de multitud de conocimientos a la hora de afrontar un proyecto robótico con ciertas garantías. Este proyecto trata, al menos, de reducir, o facilitar, el área relacionada con la informática, más concretamente con la programación. En la que multitud de personas ven en la programación un impedimento a la hora de comenzar a desarrollar sus ideas. Por otro lado, existe la imperiosa necesidad de que la comunidad quiera mostrar sus creaciones al resto del mundo, compartir experiencias, problemas opiniones, etc, de una forma directa y no mediante la grabación de vídeos del funcionamiento de los proyectos robóticos en cuestión, ya que no disponen de una herramienta adecuada para ello. En definitiva, existe la necesidad de que otros usuarios puedan participar de manera más activa, ya sea visualizando el control por su creador o permitir que otros usuarios tomen el control de esos proyectos en tiempo real. Por tanto este proyecto busca facilitar la árdua labor de programación de los proyectos robóticos junto con la posibilidad de compartir las creaciones realizadas con otros usuarios.

El sistema a desarrollar, por tanto, dispondrá de dos modos de funcionamiento, el primero de ellos proporciona las herramientas para la configuración de una interfaz a gusto del usuario, en la cual, una vez configurada, el usuario podrá controlar a su antojo el dispositivo. En el segundo modo de funcionamiento, la aplicación permitirá que otros usuarios puedan visitar la interfaz anteriormente configurada y actuar como espectadores en el control del robot por el usuario propietario del mismo. En definitiva, se proporcionará un sistema de control y difusión en uno solo.

³Vehículo utilizado.

1.3. Acerca de este documento

El documento se ha sido elaborado en un lenguaje sencillo y claro para permitir que un estudiante universitario de Ingeniería Informática pueda comprender los contenidos sin apenas dificultad añadida.

Este documento se organiza en los siguientes capítulos:

- En el capítulo 1, Introducción, se comentan las razones que han motivado la creación de este proyecto, así como el propósito del mismo.
- En el capítulo ??, Conceptos básicos, se incluyen definiciones de aquellos conceptos considerados de interés para la correcta comprensión del contenido de la presente memoria.
- En el capítulo ??, Herramientas utilizadas, se realiza una descripción de las diferentes elementos hardware y software empleados durante el desarrollo del proyecto y necesarios para la utilización del mismo.
- En el capítulo ??, Organización temporal, se recoge todo lo que concierne a la distribución y duración de cada una de las tareas llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto que el presente documento describe.
- En el capítulo ??, Configuración y montaje de los dispositivos hardware, se explica el proceso seguido para la correcta integración de los dispositivos hardware empleados describiendo la interconexión entre ellos así como su configuración.
- En el capítulo ??, Desarrollo software, se realiza un análisis sobre la metodología empleada para el desarrollo software, describiendo los modelos de ciclo de vida utilizados, la descripción de los requisitos funcionales junto con el diagrama de casos de uso.
- En el capítulo ??, Software de reconocimiento, se hace una descripción explicando los diferentes aspectos y elementos de cada uno de los prototipos desarrollados junto con los problemas encontrados y soluciones adoptadas.
- En el capítulo ??, Software de control, se describe cómo se ha llevado a cabo la comunicación ordenador-vehículo a nivel software.
- En el capítulo ??, Interfaz gráfica, se recogen aquellos aspectos técnicos de interés referentes a la elaboración de la interfaz gráfica.
- En el capítulo ??, Guía de usuario, se describen los diferentes aspectos necesarios para la correcta utilización del conjunto software y hardware de los que se compone el presente proyecto.
- En el capítulo ??, Conclusiones, se hace mención de las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto además de las posibles mejoras aplicables.

- En el capítulo Anexos [2.2.5](#), aparecen los manuales de instalación del software que ha sido necesario para la realización del proyecto.

Capítulo 2

Estado del arte y tecnologías utilizadas

2.1. Estado del arte de herramientas para monitorizar información

2.2. Tecnologías utilizadas

A continuación se detallan las diferentes tecnologías/bibliotecas/lenguajes que se han empleado para la elaboración del proyecto y por qué se han escogido por encima de otras posibles soluciones.

2.2.1. \LaTeX

Web: <https://www.latex-project.org/>

\LaTeX es un lenguaje de marcado que sirve para la redacción de documentos científicos o técnicos. Con esta herramienta o lenguaje se ha desarrollado la memoria actual del proyecto de final de carrera.

2.2.2. PyCharm



Web: <https://www.jetbrains.com/pycharm/>

PyCharm es un IDE que permite el trabajo con aplicaciones Python en sus respectivos entornos virtuales (virtualenv) así como la integración con frameworks de desarrollo como es el caso de Django. La aplicación en sí fue desarrollada nativamente mediante

un editor de texto (Emacs) pero a la hora de realizar un empaquetado e integración con otras herramientas se optó por este IDE.

2.2.3. Bitbucket



Web: <https://bitbucket.org/>

Repositorio: <https://bitbucket.org/MGautierGomez/securityproject>

Gestor de repositorios Git y Mercurial. Se optó por este gestor para probar su funcionamiento, así como la posibilidad de tener repositorios privados para desarrollar partes del proyecto que necesitasen ser ocultadas. También se encuentra alojado en el repositorio de **GitHub**: <https://github.com/MGautier/security-sensor>

2.2.4. Git



Web: <https://git-scm.com/>

Git es un sistema open-source de control de versiones diseñado para manejar integralmente las fases de desarrollo de proyectos, simples y complejos, con velocidad y eficiencia.

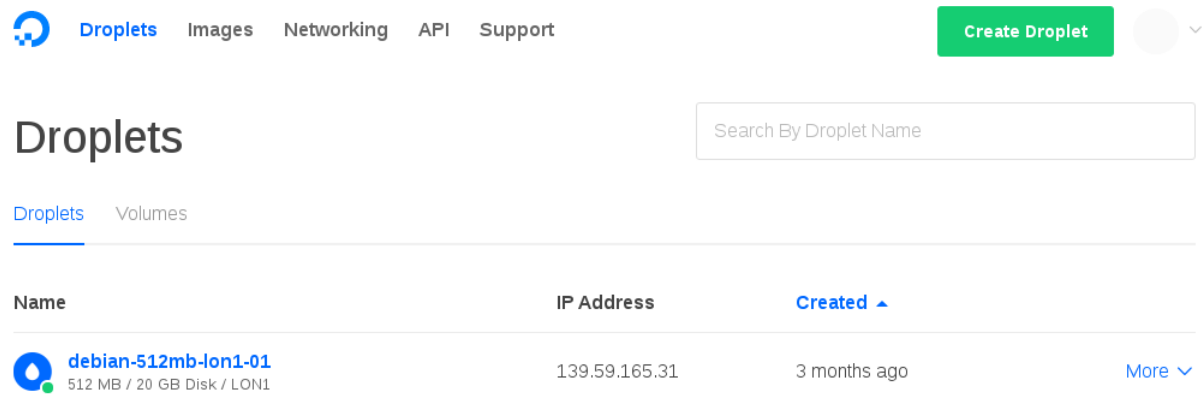
2.2.5. Digital Ocean



Web: <https://www.digitalocean.com/>

Servidor web para alojar proyectos en cloud. La ventaja de este servicio de VPS es que te permite desplegar máquinas de cualquier tipo (siempre que sean software libre) de una manera muy fácil y rápida. Además tiene un punto fuerte y es que la información se almacena en discos SSD, con lo que el procesamiento se ve muy mejorado a la hora

de computar (en este caso eventos de Iptables).



The screenshot displays the DigitalOcean 'Droplets' management page. At the top, there is a navigation bar with links for 'Droplets', 'Images', 'Networking', 'API', and 'Support'. A green 'Create Droplet' button is visible on the right. Below the navigation bar, the 'Droplets' section is active, showing a search bar and tabs for 'Droplets' and 'Volumes'. A table lists the droplets with the following data:


Name	IP Address	Created
 debian-512mb-lon1-01 512 MB / 20 GB Disk / LON1	139.59.165.31	3 months ago

Figura 2.1: Droplet desplegado en digital ocean

Anexos

Anexos con las instrucciones para la instalación de todos los componentes software empleados en el desarrollo del proyecto.

.1. Instalación de Node.js

Instalación de los prerequisites:

```
1 sudo apt-get install python-software-properties python g++ make
```

Si está utilizando Ubuntu 12.10, necesitará hacer lo siguiente:

```
1 sudo apt-get install software-properties-common
```

Añadimos el repositorio:

```
1 sudo add-apt-repository ppa:chris-lea/node.js
```

Actualizamos la lista de paquetes:

```
1 sudo apt-get update
```

Instalación de Node.js:

```
1 sudo apt-get install nodejs
```

.2. Instalación Sails.js

Esta guía proporciona las pautas necesarias para la configuración de un entorno de trabajo para el desarrollo de aplicaciones Sails. Esta guía no cubre la instalación de un entorno de producción.

.2.1. Prerrequisitos

Partiendo de que se encuentra Node correctamente instalado en una máquina con Ubuntu 14.04 LTS. Ubuntu es una plataforma muy popular y utilizada en el desarrollo de Sails.js, al igual que otros sistemas operativos basados en Unix, como Mac OS X. La instalación es relativamente fácil y existe multitud de información gracias a su amplia comunidad de desarrolladores.

- Una máquina con Ubuntu 14.04.
- Node.js instalado.

.2.2. Instalación

A continuación detallaremos los pasos para la instalación de Sails. Lo primero que haremos es instalar Sails haciendo uso de npm, el gestor de paquetes que viene con el propio Node. Para ello, lo que vamos a hacer es ir directamente a la terminal y e introducir lo siguiente:

```
1 sudo npm install sails -g
```

La opción -g, qe significa global, lo que hace es instalar Sails a nivel global, la cual nos permitirá acceder a las funcionalidades de Sails que emplearemos para la creación de nuestros proyectos.

Es posible que necesite permisos de administrador para instalar Sails a nivel global.

Para comprobar que la instalación se realizó correctamente, crearemos un proyecto inicial y levantaremos el servidor. Para ello introducimos en la terminal:

```
1 sails new my_first_app
```

Cambie de directorio (cd) al nuevo directorio creado, en el cual nos aseguraremos de que Sails está correctamente instalado. Para ello arrancaremos el servidor y comprobaremos en nuestro navegador en localhost 1337 (localhost: 1337) que Sails está funcionando correctamente.

```
1 cd my_fisrt_app
2 sails lift
```

Tras introducir en nuestro navegador *localhost: 1337* debemos obtener el siguiente resultado:

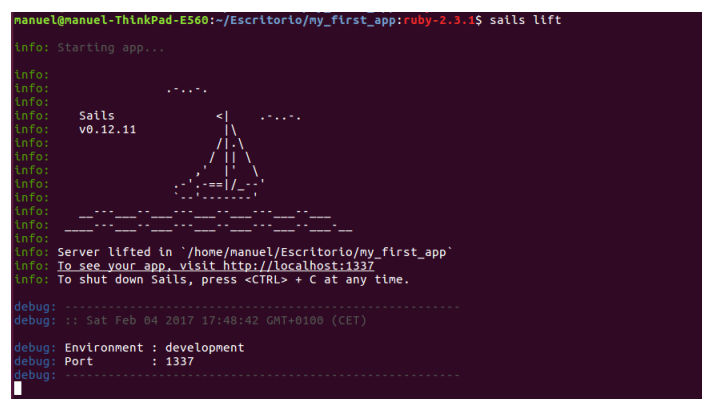


Figura 2: Iniciando Sails ¹.

Y en nuestro navegador:

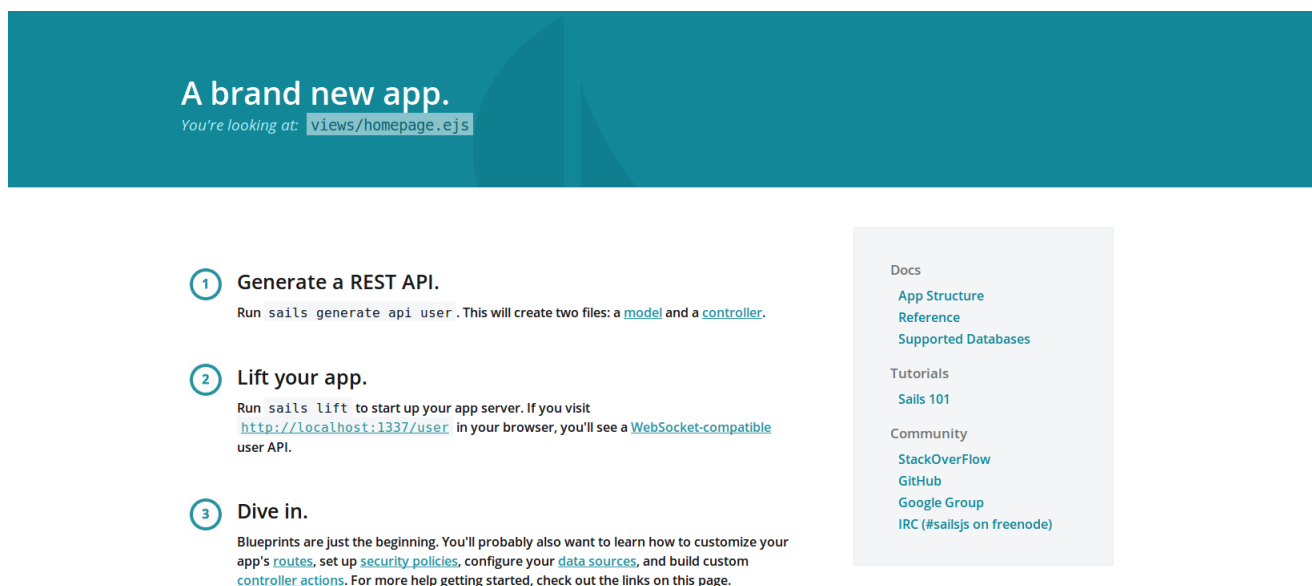


Figura 3: Sails en funcionamiento ².

.3. Instalación de MongoDB

MongoDB es una base de datos libre y de código abierto NoSQL utilizada comúnmente en aplicaciones web modernas. Esta guía le ayudará a configurar MongoDB en su máquina para un entorno de aplicación de producción.

.3.1. Prerrequisitos

Para seguir esta guía es necesario:

- Una máquina con Ubuntu 14.04.
- Un usuario con permisos de administrador (no root).

.3.2. Instalación

MongoDB ya está incluido en los repositorios de paquetes de Ubuntu, pero el repositorio oficial MongoDB proporciona la versión más actualizada y es la forma recomendada de instalar el software. Ubuntu garantiza la autenticidad de los paquetes de software al verificar que están firmados con las claves GPG, por lo que primero tenemos que importar la clave para el repositorio oficial de MongoDB.

Para ello, ejecute:

```
1 sudo apt-key adv --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 --recv  
7FOCEB10
```

Después de importar con éxito la clave, verá lo siguiente:

```
1 Gpg: número total procesado: 1  
2 Gpg: importado: 1 (RSA: 1)
```

A continuación, tenemos que actualizar los detalles del repositorio de MongoDB para que APT sepa de dónde descargar los paquetes.

Introduzca el siguiente comando para crear un archivo de lista para MongoDB.

```
1 echo "deb http://repo.mongodb.org/apt/ubuntu \"\$(lsb_release  
-sc)\"/mongodb-org/3.0 multiverse" | sudo tee  
/etc/apt/sources.list.d/mongodb-org-3.0.list
```

Después de agregar los detalles del repositorio, necesitamos actualizar la lista de paquetes.

```
1 sudo apt-get update
```

Ahora podemos instalar el propio paquete MongoDB.

```
1 sudo apt-get install -y mongodb-org
```

Este comando instalará varios paquetes que contengan la última versión estable de MongoDB junto con útiles herramientas de administración para el servidor MongoDB.

Después de la instalación del paquete, MongoDB se iniciará automáticamente. Puede comprobarlo ejecutando el siguiente comando.

```
1 service mongodb status
```

Si MongoDB se está ejecutando, verá una salida como la siguiente (con un ID de proceso diferente).

```
1 mongodb.service - An object/document-oriented database  
2   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mongodb.service; enabled;  
        vendor preset: enabled)  
3   Active: active (running) since sáb 2017-02-04 13:07:01 CET; 11h ago  
4     Docs: man:mongod(1)  
5  Main PID: 807 (mongod)  
6    Tasks: 10  
7   Memory: 84.8M  
8      CPU: 4min 7.494s  
9   CGroup: /system.slice/mongodb.service  
10          - 807 /usr/bin/mongod --config /etc/mongodb.conf
```

También puede detener, iniciar y reiniciar MongoDB utilizando los siguientes comandos

```
1 service mongodb stop  
2 service mongodb start
```

.4. Instalación de WebStorm

.5. Robomongo

.6. Git

.6.1. Prerrequisitos

Para seguir esta guía es necesario:

- Una máquina con Ubuntu 14.04.

.6.2. Instalación

La forma más sencilla de disponer Git instalado y listo para su utilización es mediante los repositorios predeterminados de Ubuntu. Este es el método más rápido, pero la versión puede ser más antigua que la versión más reciente. Si necesita la última versión, deberá seguir los pasos para compilar git desde el origen.

Puede utilizar las herramientas de administración de paquetes de apt para actualizar su índice de paquetes local. Después, puede descargar e instalar. Para ello introduce los siguientes comandos:

```
1 sudo apt-get update
2 sudo apt-get install git
```

Esto descargará e instalará git en su sistema. A continuación tendrá que completar los pasos de configuración.

.6.3. Configuración

Ahora que tiene git instalado, necesita hacer algunas cosas para que los mensajes de confirmación que se generarán para usted contendrán su información correcta.

La forma más sencilla de hacerlo es a través del comando git config. Específicamente, necesitamos proporcionar nuestro nombre y dirección de correo electrónico porque git incorpora esta información en cada commit que hacemos. Podemos seguir adelante y agregar esta información escribiendo:

```
1 git config --global user.name "Su nombre"
2 git config --global user.email "tuemail@dominio.com"
```

Podemos ver todos los elementos de configuración que se han establecido escribiendo:

```
1 git config --list
```

Configuración git

User.name = Su nombre User.email=youremail@domain.com

Hay muchas otras opciones que puede establecer, pero estos son los dos esenciales necesarios.

.7. Despliegue

Bibliografía

- [1] Douglas Crockford. *JavaScript: The Good Parts*. O'Reilly, 2008.
- [2] Digital Ocean. Digital Ocean. <https://www.digitalocean.com/>.
- [3] Git Hub. Git Hub. <https://github.com>.
- [4] Marc Harter T.J. Holowaychuk Nathan Rajlich Mike Cantelon, Alex R. Young. *Node.js in Action*. Manning Publications, 2017.
- [5] Irl Nathan Mike McNeil. *Sails.js in Action*. Manning Publications, 2017.
- [6] Métrica v3. Métrica v3. <http://www.csi.map.es/csi/metrica3>.
- [7] Irl Nathan. Activityoverlord, an application to learn sails.js. <https://github.com/irlnathan/activityoverlord>.
- [8] JJ Merelo Pablo Hinojoda. *Aprende Git: ... y, de camino, GitHub*. 2015.
- [9] Rohit Rai. *Socket.IO Real-Time Web Application Development*. Packt, 2013.
- [10] Sails.js. Sails.js | Realtime MVC Framework for Node.js. <http://sailsjs.com/>.
- [11] Wikibooks. The Book of LaTeX. <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>.

GNU Documentation Free License

Version 1.3, 3 November 2008

Copyright © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc.

[<http://fsf.org/>](http://fsf.org/)

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

Preamble

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document “free” in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or non-commercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of “copyleft”, which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The “**Document**”, below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as “**you**”. You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A “**Modified Version**” of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A “**Secondary Section**” is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document’s overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The “**Invariant Sections**” are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The “**Cover Texts**” are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A “**Transparent**” copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not “Transparent” is called “**Opaque**”.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The “**Title Page**” means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, “Title Page” means the text near the most prominent appearance of the work’s title, preceding the beginning of the body of the text.

The “**publisher**” means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

A section “**Entitled XYZ**” means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as “Acknowledgements”, “Dedications”, “Endorsements”, or “History”.) To “**Preserve**

the Title” of such a section when you modify the Document means that it remains a section “Entitled XYZ” according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or non-commercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document’s license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the

“History” section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.

- K. For any section Entitled “Acknowledgements” or “Dedications”, Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled “Endorsements”. Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled “Endorsements” or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version’s license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled “Endorsements”, provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled “History” in the various original documents, forming one section Entitled “History”; likewise combine any sections Entitled “Acknowledgements”, and any sections Entitled “Dedications”. You must delete all sections Entitled “Endorsements”.

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects. You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an “aggregate” if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation’s users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document’s Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and

disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled “Acknowledgements”, “Dedications”, or “History”, the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns.

See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License “or any later version” applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy’s public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document.

11. RELICENSING

“Massive Multiauthor Collaboration Site” (or “MMC Site”) means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for

anybody to edit those works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A “Massive Multiauthor Collaboration” (or “MMC”) contained in the site means any set of copyrightable works thus published on the MMC site.

“CC-BY-SA” means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

“Incorporate” means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is “eligible for relicensing” if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright © YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled “GNU Free Documentation License”.

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the “with ... Texts.” line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.